

Escola de Sociologia e Políticas Públicas

PONTES PARA O FUTURO
A Educação Científica de Crianças e Jovens
Uma análise sociológica

Eugénia Maria Bengalinha Ramiro

Tese especialmente elaborada para a obtenção do grau de Doutor em Sociologia

Orientador:

Doutor António Firmino da Costa, Professor Catedrático
ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa

Co-orientador:

Doutor Manuel Heitor, Professor Catedrático
Instituto Superior Técnico – Universidade de Lisboa

Outubro, 2014

Escola de Sociologia e Políticas Públicas

PONTES PARA O FUTURO
A Educação Científica de Crianças e Jovens
Uma análise sociológica

Eugénia Maria Bengalinha Ramiro

Tese especialmente elaborada para a obtenção do grau de Doutor em Sociologia

Júri:

Doutora Patrícia Durães Ávila, Professora Auxiliar (Presidente)
ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa

Doutor João Miguel Trancoso Vaz Teixeira Lopes, Professor Catedrático
Faculdade de Letras, Universidade do Porto

Doutor António Manuel da Conceição Gomes da Costa, Especialista

Doutor Pedro António da Silva Abrantes, Professor Auxiliar
Universidade Aberta

Doutora Cristina Maria Palma da Conceição, Professora Auxiliar
ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa

Doutor António Manuel Hipólito Firmino da Costa, Professor Catedrático
ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa

Doutor Manuel Frederico Tojal de Valsassina Heitor, Professor Catedrático
Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

Outubro, 2014

Apoios:

Com o apoio da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), através da concessão de uma bolsa de doutoramento (SFRH/BD/16797/2004), no âmbito do Programa de Formação Avançada para a Ciência (Medida IV.3)



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Social Europeu



Instituição de acolhimento:

Centro de Estudos em Inovação, Tecnologia e Políticas de Desenvolvimento – IN+
Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

Agradecimentos

A tese que agora se apresenta a provas de doutoramento é fruto de um longo trabalho pessoal, apaixonante embora nem sempre fácil e muitas vezes solitário, mas é também em larga medida produto de uma tarefa colectiva, já que muitos foram os que contribuíram para a sua concretização, imprimindo-lhe a sua marca científica e emocional. Todavia, as fraquezas e limitações que lhe possam ser atribuídas são responsabilidade exclusiva de uma única pessoa.

O reconhecimento que as palavras que se seguem procuram traduzir deriva, desde logo, de uma formalidade académica e científica, mas acima de tudo expressar a minha sincera, enorme e eterna gratidão. Não sendo possível agradecer adequadamente a todos, não posso, todavia, deixar de manifestar aqui, numa lista necessariamente breve e incompleta, o meu profundo e sincero agradecimento a algumas pessoas e instituições.

Uma primeira e especial palavra vai para o Professor António Firmino da Costa, orientador da tese, pela forma como acompanhou a investigação, pelo seu entusiasmo e encorajamento, pela disponibilidade constante para discutir e ajudar a ultrapassar os inúmeros obstáculos pessoais e científicos com que me deparei ao longo deste trajecto, pela sua imensa sabedoria e pelas suas qualidades humanas ímpares, para mim uma inspiração e exemplo em termos científicos e pessoais.

Um agradecimento igualmente especial ao Professor Manuel Heitor, co-orientador da tese, pelos anos de trabalho em equipa, pelo conhecimento partilhado, pelo estímulo constante e pela forma continuamente insaciada com que me incentivou a rasgar horizontes desafiando os meus próprios limites.

No plano institucional, uma palavra de profundo reconhecimento à Fundação para a Ciência e a Tecnologia, que no âmbito do Programa de Formação Avançada para a Ciência (Medida IV.3) financiou esta investigação através da concessão de uma bolsa de doutoramento. Um agradecimento ao Centro de Estudos em Inovação, Tecnologia e Políticas de Desenvolvimento, IN+ – Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, pelas condições proporcionadas para realizar parte das tarefas deste trabalho. Estende-se este agradecimento a todos os colegas do centro, que embora maioritariamente de áreas científicas muito diversas da minha manifestaram ainda interesse e entusiasmo pelo meu trabalho, enriquecendo-o com valiosos contributos multidisciplinares, e com os quais indubitavelmente aprendi muito ao longo destes anos.

E ainda ao ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa, instituição que desde 1992 me tem permitido o acesso a uma formação científica assente num ensino pautado por elevados padrões de exigência e qualidade, que me tem enriquecido pessoal, intelectual e profissionalmente. Algumas das pessoas que mais me marcaram e pelas quais oriento parte da minha conduta, conheci-as também nesta instituição.

A todos os professores, alunos e demais intervenientes no processo educativo da ciência que me ajudaram a levar este trabalho a bom porto, sem os quais esta tarefa não teria sido possível, e pelos quais sinto, além de gratidão, enorme carinho e amizade. Sou, assim, particularmente reconhecida a todos pelo interesse e disponibilidade inexcedíveis e pela amizade com que me acolheram nas vossas instituições de ensino, nos vossos espaços e iniciativas de promoção de cultura e literacia científicas, nas vossas salas de aula e espaços de lazer... e até nas vossas casas. A todos endereço, com orgulho e emoção, votos dos maiores sucessos pessoais e profissionais.

Algumas pessoas, pelo que representam para mim no plano pessoal e profissional, merecem igualmente destaque: o José Carlos de Carvalho e o Hugo Horta, meus colegas e amigos, pela atenção que dispensaram ao meu trabalho e acima de tudo pelo carinho com que sempre me apoiaram e acreditaram ser possível; a Ana Quaresma, pela sua total e permanente disponibilidade e pela inexcedível colaboração em todos os aspectos logísticos e burocráticos mas mais que tudo pela amizade que sempre demonstrou; e ainda a Ana Moita, o Tiago Moita e a Inês Costa, a quem também tanto devo no plano dos afectos. A Ivone, que mantenho tão viva dentro de mim. Muitas outras são igualmente merecedoras da minha profunda gratidão, mas não sendo possível elencá-las exaustivamente, fica o meu público reconhecimento a todas as que, independentemente do grau, intensidade e natureza com que contribuíram para a realização deste trabalho, o tornaram possível.

Por último, impõe-se uma palavra muito especial à minha família, por ser o meu *porto de abrigo*, por acreditar em mim e me apoiar nas horas difíceis com o seu ombro amigo, com palavras de incentivo ou com o conforto do silêncio cúmplice. Ao Eugénio, o meu companheiro de todas as horas, sou grata pelo apoio incondicional e por me provar que o amor demonstra-se, também, pela compreensão e pela paciência em dias menos fáceis. Aos meus pais, Carlos e Fátima, os meus melhores amigos, pessoas a quem devo tão mais que a vida, pelo seu amor incondicional. À Nomélia, a tia que sabe como poucos ler-me a alma e elevar-me o espírito. À Gracinda, ao Manuel e à Eugénia, que já não estando fisicamente entre nós, continuam a estar tão presentes em mim. À

Celeste, à Dina e à Madalena, por todo o carinho. Aos animais não humanos que povoam a minha existência tornando-a mais rica e feliz, pelas frequentes lições de vida e pela serenidade que me transmitem, particularmente nos momentos de maior intranquilidade. Finalmente, à Constança, meu feito e amor maiores, pela inspiração diária e renovado sentido que dá à minha vida; a quem, sem prejuízo dos demais, dedico este trabalho.

Este trabalho é vosso!

The terms and circumstances of human existence can be expected to change radically during the next human life span. Science, mathematics, and technology will be at the center of that change – causing it, shaping it, responding to it. Therefore, they will be essential to the education of today’s children for tomorrow’s world.

American Association for the Advancement of Science, 1993

Pontes para o futuro: a educação científica de crianças e jovens. Uma análise sociológica

Resumo:

Tendo como pano de fundo a sociedade do conhecimento, este trabalho baseia-se numa análise sociológica da educação científica de crianças e jovens, particularmente centrada na ideia d'*a ciência tal qual se ensina e aprende*, procurando captar e fazer uma caracterização fina – na escola e, partindo dela, noutros domínios de educação científica – dos processos institucionais de educação científica, das aprendizagens formais, não formais e informais, das redes sociais, da didáctica das ciências subjacente, dos processos de comunicação e tradução, e de negociação de actividades. Numa primeira parte faz-se um enquadramento teórico em torno do trinómio sociedade/ciência/educação. Prossegue-se com uma análise da educação científica como problema sociológico e com uma reflexão de natureza metodológica. Na terceira e última parte apresentamos um conjunto de estudos de caso que confluem para o objectivo de aprofundar o conhecimento sobre *como* se ensina e aprende ciência *na e a partir da* escola. Terminamos com uma proposta de educação em ciência para o século XXI, assente numa lógica de complementaridade de processos, contextos e recursos, e na interligação entre ensino formal, não formal e informal, que designámos por *educação científica transformal*. Que, esperamos, possa ajudar a construir as pontes que a educação científica (desejavelmente) estabelece com o futuro: aquisição de competências científicas, capacidade de aprendizagem ao longo da vida e de resolução de problemas, elevados níveis de literacia científica e reforço do exercício da cidadania.

Palavras-chave: Educação científica, ensino e aprendizagem da ciência, literacia científica, cultura científica, sociedade do conhecimento, sociologia da ciência, sociologia da educação, estudos de caso.

Bridges to the Future: scientific education of children and young people. A sociological analysis.

Abstract:

Having knowledge society as framework this research is based on a sociological analysis of science education of children and young people. It is particularly centered on the idea of science *as it is taught and learned*. Aiming capture and characterize it starting from school but leading to others domains of science education. Namely formal, non-formal and informal contexts, social networks, science education didactics, communication and translating processes, and negotiation activities. We begin with a theoretical framework about society, science and education. This is followed by an analysis of science education as a sociological problem and methodological considerations. Finally, on a third part, we present case studies that converge to the purpose of deepening the knowledge on *how* one teaches and learns science *in and beyond* school. We end with a science education proposal for the XXI century, based on a complementarity of processes, contexts and resources. And also with the link between formal, non-formal and informal teaching, that we have called *transformal* science education. Aiming to help building bridges for the future when it comes to science education: scientific skills, lifelong learning, scientific literacy and citizenship reinforcement.

Key-words: Scientific education, teaching and learning science, scientific literacy, scientific culture, knowledge society, sociology of science, sociology of education, case studies.

Índice

| | |
|---|----|
| Índice de quadros e figuras | xv |
| Introdução | 1 |
| PARTE I | |
| SOCIEDADE, CIÊNCIA E EDUCAÇÃO: RUMO À ERA DO CONHECIMENTO | |
| Capítulo 1 Ciência: o homem na senda do conhecimento | 11 |
| 1.1 Conceito, objectivos e método | 12 |
| 1.2 Universalidade da ciência | 23 |
| 1.3 Ciência e poder | 24 |
| 1.4 Limites da ciência | 26 |
| 1.5 Financiamento da ciência | 29 |
| 1.6 Contributos da sociologia da ciência | 31 |
| 1.7 A ciência tal qual se faz | 36 |
| 1.8 Ciência e sociedade | 37 |
| 1.9 Compreensão pública da ciência | 42 |
| Capítulo 2 Conhecimento, cultura científica e literacia científica | 53 |
| 2.1 Valor do conhecimento | 53 |
| 2.2 Cultura científica | 56 |
| 2.2.1 Conceito e enquadramento | 56 |
| 2.2.2 A cultura científica dos portugueses | 58 |
| 2.3 Literacia científica | 64 |
| 2.3.1 Breve resenha histórica | 64 |
| 2.3.2 Conceito e dimensões | 66 |
| 2.3.3 Vantagens e importância da literacia científica | 72 |
| Capítulo 3 Educação científica | 75 |
| 3.1 Pensamento crítico | 75 |
| 3.2 Escola e sociedade: o papel social da educação | 78 |
| 3.3 Educação em ciências nos ensinos básico e secundário | 82 |
| 3.3.1 A educação em ciências: do modelo curricular tradicional de ensino/aprendizagem ao ensino/aprendizagem por mudança conceptual | 82 |
| 3.3.2 A educação em ciência, tecnologia e sociedade: uma nova forma de ensinar e aprender ciências | 87 |
| 3.3.2.1 Génese e objectivos | 88 |
| 3.3.2.2 <i>Professores inspiradores e alunos inspirados?</i> O papel do professor e do aluno na educação em CTS | 96 |
| 3.3.2.3 Constrangimentos à implementação da educação em CTS | 99 |

PARTE II

A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA COMO PROBLEMA SOCIOLÓGICO

| | |
|--|-----|
| Capítulo 4 A educação científica e o desafio de caminhar rumo a uma sociedade cientificamente literata. Do problema social ao problema sociológico | 105 |
| Capítulo 5 Do problema em estudo à produção de informação: considerações metodológicas | 109 |

PARTE III

DINÂMICAS E CONTEXTOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM DA CIÊNCIA

| | |
|--|-----|
| Capítulo 6 Difusão de cultura científica e ensino da ciência | 141 |
| 6.1 Desenvolvimento científico e tecnológico em Portugal. Breve contextualização | 142 |
| 6.2 Instrumentos e incentivos de difusão de cultura científica. Uma exposição e um concurso | 144 |
| 6.2.1 <i>Engenho e Obra: a Engenharia em Portugal no século XX</i> . Uma exposição como instrumento de difusão de cultura científica | 144 |
| 6.2.2 <i>Pensar e Fazer</i> . Um concurso como estímulo à imaginação em engenharia, ciência e tecnologia | 147 |
| 6.3 Factos e feitos em projectos escolares | 151 |
| 6.3.1 Pensar e fazer na escola. O papel dos projectos escolares | 151 |
| 6.3.2 Observações. Apresentação de dez projectos escolares..... | 153 |
| 6.3.3 O que podemos aprender a partir destes casos?..... | 158 |
| 6.3.4 A caminho de uma sociedade mais criativa? | 160 |
| Capítulo 7 <i>Ciência na escola</i> . Apresentação e discussão de estudos de caso | 163 |
| 7.1 <i>Vencer o atraso</i> . Desenvolvimento científico e tecnológico | 164 |
| 7.2 Ensino experimental das ciências. Estudos de caso | 165 |
| 7.3 Ensino experimental das ciências: actores e factores críticos | 186 |
| 7.4 Considerações finais | 201 |
| Capítulo 8 <i>A Ciência tal qual se ensina e aprende: o trabalho de campo</i> . Apresentação e discussão de resultados | 205 |
| 8.1 <i>O regresso à escola</i> . Trabalho de campo na (e a partir da) escola. Enquadramento e caracterização dos estudos de caso | 205 |
| 8.2 O ensino-aprendizagem da ciência: factos e feitos. Análise de estudos de caso | 222 |
| 8.3 <i>A transformatividade</i> da educação científica | 273 |
| Conclusões: a complexidade e o dinamismo do ensino e aprendizagem da ciência ... | 287 |
| Referências bibliográficas | 305 |

ANEXOS

| | | |
|---|--|-----|
| A | Descrição de projectos escolares sobre ciência e tecnologia | 333 |
| B | Caracterização das práticas pedagógicas do ensino da ciência na (e a partir) da escola | 353 |
| C | Visita de estudo ao Instituto Superior de Agronomia, da Universidade de Lisboa. Excerto de Diário de Campo | 355 |
| D | Visita de estudo a uma ETAR. Excerto de Diário de Campo | 363 |
| E | Visita de estudo a uma exposição de fósseis. Excerto de Diário de Campo | 367 |
| F | Debate sobre engenharia genética promovido pelos alunos. Turma de 12.º ano de Biologia. Excerto de Diário de Campo | 373 |
| G | Aula dada por alunos. Turma de 12.º ano de Biologia. Excerto de Diário de Campo | 375 |

Índice de quadros e figuras

Quadros

| | | |
|------------|--|-----|
| Quadro 2.1 | Comparações internacionais do interesse público por temas da actualidade (% de público muito interessado) | 59 |
| Quadro 2.2 | Comparação do interesse do público em Portugal por temas da actualidade (% de público ‘muito interessado’) | 60 |
| Quadro 2.3 | Questões de conhecimento científico (%) (por ordem decrescente de percentagem de respostas correctas em 2000) | 61 |
| Quadro 3.1 | As funções do paradigma educacional | 81 |
| Quadro 3.2 | Perfil e papel do professor que responde com eficácia aos requisitos curriculares de uma abordagem em ensino CTS | 98 |
| Quadro 6.1 | Estruturação do concurso Pensar e Fazer (2003 e 2004) | 148 |
| Quadro 6.2 | Os projectos escolares analisados e apresentados na figura 6.4 | 155 |
| Quadro 6.3 | Projectos de ensino experimental das ciências analisados em escolas portuguesas | 156 |
| Quadro 8.1 | Educação científica <i>transformativa</i> . Concepção de ensino da ciência com três elementos distintivos | 281 |
| Quadro A.1 | “Redesign do ANIMATROPE” – calendarização das actividades | 344 |
| Quadro A.2 | Projecto “Arte e Tecnologia” | 346 |
| Quadro A.3 | Projecto “O Carro do Futuro” | 349 |
| Quadro B.1 | Caracterização das práticas pedagógicas do ensino da ciência na (e a partir) da escola | 353 |

Figuras

| | | |
|-------------|--|-----|
| Figura 6.1 | Exposição “ <i>Pensar e Fazer. Engenharia para os mais novos</i> ”#1 | 150 |
| Figura 6.2 | Exposição “ <i>Pensar e Fazer. Engenharia para os mais novos</i> ”#2 | 150 |
| Figura 6.3 | Exposição “ <i>Pensar e Fazer. Engenharia para os mais novos</i> ”#3 | 150 |
| Figura 6.4 | Posicionamento relativo dos vários projectos escolares analisados, segundo os símbolos no Quadro 6.2 | 154 |
| Figura 7.1 | Escola Secundária Diogo Gouveia – Beja #1 | 169 |
| Figura 7.2 | Escola Secundária Diogo Gouveia – Beja #2 | 169 |
| Figura 7.3 | ‘O vulcão’ – simulação de erupção vulcânica | 171 |
| Figura 7.4 | ‘As células’ – observação microscópica | 171 |
| Figura 7.5 | ‘A banheira de espuma’ – <i>Vamos ver oxigénio?</i> | 171 |
| Figura 7.6 | Escola Secundária Professor Herculano de Carvalho, Lisboa #1 | 176 |
| Figura 7.7 | Escola Secundária Professor Herculano de Carvalho, Lisboa #2 | 176 |
| Figura 7.8 | Manual de Biologia – 12.º ano. Reprodução humana. Morfofisiologia do aparelho reprodutor masculino | 184 |
| Figura 7.9 | Manual de Biologia – 12.º ano. Reprodução humana. Morfofisiologia do aparelho reprodutor feminino #1 | 184 |
| Figura 7.10 | Manual de Biologia – 12.º ano. Reprodução humana. Morfofisiologia do aparelho reprodutor feminino #2 | 184 |
| Figura 7.11 | Manual de Biologia – 12.º ano. Reprodução humana. Controlo hormonal #1 | 185 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Figura 7.12 | Manual de Biologia – 12.º ano. Reprodução humana. Controlo hormonal #2 | 185 |
| Figura 7.11 | Manual de Biologia – 12.º ano. Índice parcial | 185 |
| Figura 8.1 | Homeostasia e controlo da temperatura corporal. Reprodução do desenho do professor | 228 |
| Figura 8.2 | Transporte na membrana (osmose). Reprodução de desenho do professor para ilustrar um exemplo sobre o assunto em estudo | 230 |
| Figura 8.3 | Processos de produção de energia. Reprodução de esquema do professor | 232 |
| Figura 8.4 | Ilustração sobre reflexo. Aula de Geologia/Biologia do 10.º ano | 246 |
| Figura 8.5 | Educação científica tradicional: educação formal, não formal e informal diferenciadas, sem relação CTS | 280 |
| Figura 8.6 | Educação científica transformal: educação formal, não formal e informal incrustadas, com relação CTS | 280 |

Introdução

O acaso só favorece a mente preparada

Louis Pasteur (1854)

A História da Ciência conta com inúmeros casos de serendipidade. Quis o destino que o nosso trajecto ao longo deste trabalho fosse, ele próprio, um exemplo flagrante de acasos felizes, cujo potencial procurámos desenvolver ante as tão inesperadas quanto enriquecedoras possibilidades de investigação que nos proporcionavam.

O Centro de Estudos em Inovação, Tecnologia e Políticas de Desenvolvimento – IN+ (no qual a autora começou a desenvolver actividades de investigação em 2001, normalmente integrada em equipas multidisciplinares), promove o diálogo permanente entre os seus investigadores, o qual possibilita que estudiosos de áreas distintas como a Sociologia ou a Engenharia partilhem opiniões, sob ângulos necessariamente diferentes, beneficiando de contributos muito válidos, decorrentes justamente da natureza interdisciplinar de diferentes abordagens científicas.

Desse intercâmbio de ideias entre investigadores surgiu o que, no nosso caso, terá constituído um primeiro acaso feliz e que viria a revelar-se a mola impulsionadora do trabalho que agora se dá a conhecer. Sabendo que nos debruçávamos sobre o estudo da promoção da cultura e literacia científicas e, mais concretamente, iniciávamos o trajecto de um doutoramento sobre o ensino da ciência¹, uma colega indica-nos que um seu familiar, docente na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), estaria a organizar um *pequeno encontro sobre Cultura Científica*, no qual por certo se debateriam algumas matérias de nosso interesse, sugerindo-nos a possibilidade de que também nós participássemos, se fosse de nosso agrado. Naturalmente, era! Combinámos então que, apesar de se tratar de um encontro para reflexão sobre esta temática restrito a alguns docentes e investigadores da FCUL, predispunha-se a colega a interceder no sentido de que pudéssemos estar presentes. No dia seguinte, diz-nos que seríamos muito bem-vindos a assistir e a participar no encontro.

¹ Desde 2001 até esse momento – meados de 2004 – tinha a autora desenvolvido trabalhos ligados ao desenvolvimento científico e tecnológico português e sua comparação internacional, e à promoção de cultura científica e tecnológica, em especial junto de crianças e jovens (trabalhos esses intimamente ligados à exposição *Engenho e Obra* e ao concurso *Pensar e Fazer*; e, deles decorrentes, ao acompanhamento de projectos de ensino experimental das ciências em escolas dos ensinos básico e secundário).

Entusiasmados com a oportunidade de usufruir de mais um contributo enriquecedor sobre um tema que nos era (é!), pessoal e profissionalmente tão caro, mas longe de imaginar o que nos esperava, lá fomos numa solarenga mas muito fria sexta-feira de Outono para o primeiro de dois dias do encontro. Confirmava-se o ambiente informal, num encontro que juntava não mais de duas dezenas de participantes, que se conheciam entre si (excepção feita para a autora, que embora numa fase inicial se sentisse deslocada, em momento algum se sentiu desmotivada). Todo o ambiente era muito convidativo e acolhedor, desde logo as instalações – um prédio histórico, junto ao Largo do Rato, em Lisboa, cujas paredes e recheio pudessem falar muito nos contariam também... mas, a par disso, igualmente a cordialidade dos participantes e a qualidade das reflexões sobre cultura científica que ali se apresentavam. Sentámo-nos, mais uma vez por acaso, junto de uma participante com quem acabámos por trocar algumas breves palavras durante uma intervenção, a que se seguiu uma agradável conversa durante uma das pausas para café. Diz-nos ser professora de Físico-Química do 2.º e 3.º ciclos do ensino básico e do ensino secundário, e que acaba de concluir o mestrado sobre o ensino da Química, sob orientação da organizadora do encontro. Acrescenta ainda que tenciona avançar de imediato para doutoramento, porque esse sempre foi o seu projecto educativo pessoal, e que mantém muitas ligações à universidade, que considera fundamentais para o exercício da sua profissão. Revelando desde o início uma enorme paixão pelo ensino (em particular pelo ensino experimental) e pelos alunos, aos quais se refere com enorme carinho. Entusiasmada com o nosso próprio trabalho, desafia-nos a visitar a sua escola, nos arredores de Lisboa, a propósito de uma iniciativa que está a organizar conjuntamente com alguns colegas: o *Dia do Laboratório Aberto*, em que todos os alunos da escola são convidados a observar e a realizar experiências científicas. Aceitamos o desafio de imediato. Não desperdiçando a oportunidade, por um lado, porque genuinamente crentes no valor intrínseco da iniciativa, e, por outro, também cientes do facto de que o acesso às escolas é um trilha nem sempre fácil (como reconhecido pela própria professora). Assim, trocámos contactos e, no *Dia do Laboratório Aberto*, lá estamos, a convite desta professora, que nos acolhe de braços abertos e nos apresenta a vários colegas, igualmente entusiastas do ensino da ciência. A informalidade da nossa presença possibilita, de forma quase imediata, um estreitar de laços que nos surpreende e honra, e nesse mesmo dia ouvimos relatos sobre as suas experiências profissionais, actividades em curso, práticas educativas, dificuldades sentidas, projectos para o futuro e desejos para a educação em Portugal... A par disso, o

interesse que revelam pelo nosso trabalho faz com que também estas professoras queiram manter contacto connosco e *ser úteis no que puderem*.

Já apaixonada pela ciência², sentia-se a autora agora mais contagiada que nunca pelo entusiasmo destas professoras pelo ensino da ciência e pelo carinho que demonstravam pelos seus alunos; o que nos aguçava ainda mais a curiosidade científica pelo tema da educação em ciências. Mais, estas felizes circunstâncias coincidiam, justamente, com o momento em que nos propúnhamos aliar o gosto pessoal por estas temáticas com o aprofundamento dos nossos estudos com vista à realização de uma tese de doutoramento, decorrente da qual necessitávamos de definir um objecto de estudo. Tarefa que a imensidão de possibilidades analíticas da educação científica – em virtude do que a literatura nos mostrava, do que já conhecíamos de experiências recentes e ainda do que agora nos era potencialmente dado conhecer –, de modo paradoxal, não facilitava mas antes deixava-nos *perdidos* sobretudo porque *ansiosos por tudo querer conhecer*.

Sentindo-nos impreparados para definir, naquele momento, um objecto de estudo preciso, optámos por avançar para o terreno num trabalho de cariz exploratório que nos elucidasse a esse propósito. Naturalmente, tínhamos já algumas pistas que importava seguir, como por exemplo o papel do professor e do ensino experimental das ciências ou a diversidade crescente de contextos educativos da ciência. Essa ida para o terreno revela-se, nessa fase, decisiva também porque, paralelamente, do centro surgia-nos o desafio de participar num estudo que apresentasse uma reflexão estratégica, cientificamente sustentada e facilitadora do desenvolvimento de políticas públicas de estímulo à inovação, crescimento económico e desenvolvimento sustentável, competindo-nos, em confluência com os nossos interesses de investigação, identificar actores e factores críticos no ensino da ciência, com base na análise aprofundada das condições e condicionantes do ensino da ciência em escolas portuguesas.

Revelando-se profusamente rico em experiências observacionais e relatos sobre educação científica, esse primeiro ano de trabalho de campo intensivo nas escolas, inicialmente de carácter exploratório, viria a resultar num primeiro conjunto de estudos que reforçavam significativamente a nossa reflexão e análise sobre o ensino da ciência. E a partir do qual nos era, então, já possível definir objectivos mais precisos para um

² Também fruto das experiências recentes de acompanhamento de projectos de ensino experimental da ciência, em que testemunháramos excelentes exemplos de boas práticas de ensino da ciência em escolas de Norte a Sul do país.

segundo ano de trabalho no terreno. Assim, conjuntamente com o enquadramento teórico que vínhamos aprofundando, a experiência acumulada conduzia-nos agora à necessidade de uma observação mais focalizada, que nos permitisse identificar e aprofundar as interligações do quotidiano subjacentes ao ensino/aprendizagem das ciências.

A realidade social é sempre mais plurifacetada do que à primeira vista deixa transparecer e, portanto, a nossa ideia terá sido a de, por analogia a uma abordagem d' *a ciência tal qual se faz* (Gil, 1999; Ladrière, 1999; Martinez, Ávila e Costa, 1994; Ávila, 1998), procurar fazer uma análise sob a perspectiva d' *o ensino/aprendizagem da ciência tal qual se faz*. Procurando captar e fazer uma caracterização fina – na escola e, partindo dela, noutros domínios de educação científica – dos processos institucionais de educação científica, das aprendizagens formais, não formais e informais, das redes sociais, da didáctica das ciências subjacente, dos processos de comunicação e tradução, e de negociação de actividades. Ou seja, proceder à análise de alguns aspectos da educação científica centrada essencialmente no seu contexto escolar, e nas interligações que a partir daí se estabelecem, por forma a *descrever e alcançar a caracterização local das estruturas e dos processos sociais que as organizam e dinamizam*, como discutido por Costa (1986).

Ressaltando, então, a relevância dos seguintes elementos de análise: i) a relação pedagógica professor/aluno e a gestão da aula; ii) as estratégias de ensino e as inovações educacionais implementadas pelos profissionais de educação (nomeadamente as relacionadas com uma abordagem de ensino/aprendizagem em ciência/tecnologia/sociedade); iii) a abertura da escola ao exterior (relação de professor e alunos com indivíduos e/ou instituições externos ao ambiente escolar e à sala de aula, nomeadamente as que remetam para parcerias ou acções pontuais de formação científica – visitas de estudo, palestras, participação em concursos científicos, grau de proximidade e envolvimento com instituições e comunidades locais, regionais, nacionais ou internacionais); e iv) as dinâmicas através das quais os contextos não formais e informais de aprendizagem se interligam com o ensino/aprendizagem da ciência na escola.

Da contextualização teórica efectuada e da experiência acumulada sobre educação científica de crianças e jovens até ao momento, partimos baseados nas seguintes hipóteses de trabalho:

- 1 - a existência de uma dinâmica intensa entre a educação científica formal (que tem lugar sobretudo no contexto da sala de aula), e contextos de não formalidade ou informalidade na aquisição de conhecimentos científicos (de alunos, mas também de professores), que crescentemente perpassam o processo educativo formal e o reforçam;
- 2 - o professor como elo de ligação entre domínios formais, não formais e informais; e também como potenciador da assimilação de conteúdos científicos obtidos fora da sala de aula e orientador da selecção dos mesmos.

O segundo ano de trabalho de campo consistiu numa análise sistemática e exaustiva de dois estudos de caso, com vista à compreensão da realidade em estudo que acabámos de enunciar. Tendo realizado, para tal, uma pesquisa prolongada e continuada no terreno, de natureza etnometodológica, da qual constou a observação participante numa escola, que incluiu o acompanhamento diário de duas turmas – assistindo às aulas e às reuniões de trabalho dos professores, estando com alunos e/ou professores e/ou auxiliares de acção educativa nos intervalos, e participando nas actividades que desenvolveram na, ou a partir da escola, durante um ano lectivo. No fundo, tratou-se de tentar compreender o ensino-aprendizagem da ciência na (e a partir da) escola, na sua prática contextualizada quotidiana, ou seja, *tal qual se faz*.

O presente trabalho encontra-se dividido em três partes. Na primeira, denominada *Sociedade, ciência e educação: rumo à era do conhecimento*, começamos por fazer uma reflexão teórico-conceptual, que nos remete para a discussão da ciência e da educação científica no contexto das sociedades contemporâneas. A Parte I está organizada em três capítulos. No capítulo 1, fazemos uma análise do conceito de ciência, onde são abordados alguns dos seus aspectos mais significativos, como sejam: objectivos e método, universalidade e limites, financiamento e ligações ao poder, relação entre ciência e sociedade, e compreensão pública da ciência. Depois, no capítulo 2, debruçamo-nos sobre as noções de conhecimento e de cultura e literacia científicas, discutindo algumas das suas principais dimensões. No capítulo 3, fazemos uma análise do papel social da escola e da educação científica, revisitando as principais abordagens da educação em ciências, traçando a evolução histórica do ensino-aprendizagem da ciência desde o modelo curricular tradicional à educação em ciência, tecnologia e sociedade (focando o papel do professor e do aluno e os constrangimentos à implementação deste modelo de ensino-aprendizagem). Na Parte II – *A educação*

científica como problema sociológico, começamos por nos debruçar sobre a problematização sociológica do nosso objecto de estudo: a educação científica de crianças e jovens dos ensinos básico e secundário, na e a partir da escola. Tecendo algumas considerações sobre a educação científica como problema sociológico no contexto da sociedade do conhecimento (definindo o nosso objecto de estudo e traçando os objectivos específicos do nosso trabalho) (capítulo 4). No capítulo 5, fazemos referência à metodologia adoptada, particularmente direccionada ao segundo ano de trabalho de campo³, porquanto apesar de nos inspirarmos e basearmos também nos vários trabalhos anteriores, este consubstancia o trabalho observacional mais consistente e direccionado para a realização desta pesquisa. Esta é, assumidamente, uma pesquisa compreensiva da realidade social observada. No sentido em que se procurou realizar uma análise sociológica aprofundada da educação científica de crianças e jovens, que conjugou um período de observação directa no terreno, de carácter etnográfico (no sentido de presencial, prolongada e narrativa), análise documental, conversas informais e entrevistas. À descrição dos factos observados, procurámos acrescentar uma reflexão teórica e observacionalmente sustentada sobre as relações entre os fenómenos, sobre os sentidos sociais implícitos, apresentando as particularidades das interacções dos indivíduos na sua vida quotidiana em estreita correlação com os fenómenos estruturais que os enquadram. Terá sido, justamente, nesta articulação que nos propusemos avançar com algumas proposições teóricas explicativas do fenómeno em estudo.

Na Parte III, intitulada *Dinâmicas e contextos de ensino e aprendizagem da ciência*, demos conta das observações efectuadas e da sua análise sociológica. Trata-se de uma parte eminentemente reveladora da prática educativa da ciência na e a partir da escola. Ou seja, *d' a ciência tal qual se ensina e aprende*, na sua prática contextualizada quotidiana, que ilustramos sob a forma de estudos de caso de boas práticas de escolas, professores e outros agentes e instituições educativos. Esta parte encontra-se dividida em três capítulos. Começamos, no capítulo 6, por fazer uma apresentação dos trabalhos que vimos realizando no Centro, por forma a contextualizar o fio condutor do nosso trabalho. Para tal, focamos alguns breves aspectos do desenvolvimento científico e tecnológico português, a exposição *Engenho e Obra: a Engenharia em Portugal no*

³ Embora o primeiro ano de trabalho de campo, de natureza exploratória, tivesse já procurado os sentidos e os propósitos de um estudo intensivo e compreensivo da realidade social em estudo. Todavia, menos sistemático e mais disperso que o do ano seguinte. Mas que, ainda assim, também já conjugou um período de observação directa no terreno, análise documental, conversas informais e entrevistas.

século XX como um instrumento de difusão de cultura científica, e o concurso *Pensar e Fazer* como um estímulo à imaginação. Neste capítulo fazemos ainda uma referência a dez projectos escolares e às reflexões que nos suscitaram. Depois, no capítulo 7, apresentamos estudos de casos que resultam do primeiro ano de trabalho de campo no âmbito da presente investigação, que se revelaram bastante frutíferos no que concerne à identificação e discussão de actores e factores críticos do ensino experimental das ciências. No oitavo e último capítulo, damos a conhecer o trabalho de campo do segundo ano no terreno, que designámos por *a ciência tal qual se ensina e aprende*. Começamos por fazer a apresentação e análise dos dois estudos de caso realizados, apresentando depois uma proposta (desejavelmente) compreensiva da educação científica de crianças e jovens no seu contexto escolar e nas interligações que a partir daí se estabelecem.

Terminamos, necessariamente, com as conclusões deste trabalho, onde procuramos apresentar os principais resultados alcançados e seus contributos substantivos. Destacando-se a complexidade e o dinamismo crescentes da educação científica de crianças e jovens. Avançam-se, ainda, algumas propostas de continuidade do estudo dos temas apresentados ou de exploração de novos ângulos de análise.

Tendo em mente a frase de António Lobo Antunes de que um empreendimento desta natureza é um *“trabalho de oficina, excepto em momentos privilegiados em que a mão anda por si, e o texto encontra, como por milagre, o seu caminho”* procuramos contar a história que queremos partilhar, uma história de todos os dias, uma história *d’o ensino e da aprendizagem da ciência tal qual se faz, na e a partir da escola*.

Convidamo-lo/a pois à leitura, com a esperança de que seja tão prazeroso lê-la quanto foi contá-la...

PARTE I

**SOCIEDADE, CIÊNCIA E EDUCAÇÃO:
Rumo à era do conhecimento**

Na Parte I deste trabalho – *Sociedade, ciência e educação: rumo à era do conhecimento* –, propomo-nos fazer uma reflexão teórico-conceptual sobre a ciência e a educação científica no contexto das sociedades contemporâneas. Fazemo-lo ao longo de três capítulos.

No capítulo 1, procedemos a uma análise do conceito de ciência, onde são abordados alguns dos seus aspectos mais significativos, como sejam: objectivos e método, universalidade e limites, financiamento e ligações ao poder, relação entre ciência e sociedade, e compreensão pública da ciência. Depois, no capítulo 2, debruçamo-nos sobre as noções de conhecimento e de cultura e literacia científicas, discutindo algumas das suas principais dimensões. No capítulo 3, fazemos uma análise do papel social da escola e da educação científica, revisitando as principais abordagens da educação em ciências, traçando a evolução histórica do ensino-aprendizagem da ciência, desde o modelo curricular tradicional à educação em ciência, tecnologia e sociedade (focando o papel do professor e do aluno e os constrangimentos à implementação deste modelo de ensino-aprendizagem).

Capítulo 1

Ciência: o homem na senda do conhecimento

A essência do pensamento científico é a capacidade de examinar problemas de diferentes perspectivas e procurar explicações dos fenómenos naturais e sociais, submetendo-as constantemente a análise crítica. A ciência, deste modo, depende do pensamento livre e crítico, que é essencial num mundo democrático.

UNESCO, 2003

A resolução da maioria dos problemas mais prementes e complexos das sociedades modernas não pode ser perspectivada sem a intervenção da ciência⁴. De entre os problemas que suscitam debates nas sociedades actuais poucos poderão, de facto, ser resolvidos – sequer discutidos – sem recurso a conhecimentos científicos. Questões como a poluição ambiental, a saúde, a segurança das nações e dos povos ou a economia estão nas agendas nacionais e internacionais como decisivas no quadro da permanente luta do ser humano pela sobrevivência e prosperidade num mundo circunstancial, temporal e espacialmente instável.

A História da Ciência mostra-nos que esta tem sido, inequivocamente, tão fecunda, sob tantos pontos de vista⁵, que mais não poderemos fazer ao longo deste capítulo que aflorar alguns dos vários aspectos de que se reveste a sua criação e aplicação no panorama das sociedades contemporâneas, procurando fazê-lo num contexto de debate sobre o que é ciência, que possibilidades abre, quais os benefícios e os riscos que a sua utilização acarreta, os limites que a constroem, o seu enquadramento societal e os contributos que neste campo têm sido dados pela Sociologia.

⁴ De entre as inúmeras questões que afectam a civilização humana nos nossos dias e constituem desafios sérios num futuro próximo (designadamente, o crescimento demográfico; a produção e distribuição de alimentos; o combate à doença e a promoção da vida; a escassez de recursos finitos vitais; o problema da protecção ambiental e do desenvolvimento sustentável, associado às intervenções do homem nos subsistemas terrestres com os consequentes impactos negativos, e ao risco de não preservação da biodiversidade; a manipulação do genoma humano, entre tantas outras que poderíamos elencar), boa parte procuram respostas nos desenvolvimentos científicos e tecnológicos. Veja-se, por exemplo, Santos *et. al.*, 2013.

⁵ Particularmente a partir da segunda metade do século XX, estando a ciência na base de grandes descobertas e inovações de extrema importância social, económica e política, e possibilitando extraordinários avanços em áreas distintas como a saúde, microelectrónica, meios de comunicação e transporte ou ambiente.

1.1 Ciência. Conceito, funções e métodos

Nos parágrafos seguintes, procuraremos dar conta dos aspectos relacionados com a definição do conceito de ciência, das suas funções e dos métodos que caracterizam a sua prática.

No momento em que redigimos o presente texto, destacam-se das notícias mundiais acontecimentos preocupantes como a pior epidemia de ébola⁶ de que há registo desde que o vírus foi descoberto, em 1976, em territórios do actual Sudão do Sul e da República Democrática do Congo (antigo Zaire), e a possibilidade de um surto mundial da doença é real. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), o actual surto terá começado no primeiro trimestre deste ano, na Guiné-Conacri, mas já atingiu também a Libéria, a Nigéria e a Serra Leoa, estimando-se que até à data já tenham sido infectadas mais de 1200 pessoas, das quais 672 morreram⁷. Os principais surtos têm ocorrido em África, mas a mobilidade actual das pessoas torna os surtos mundiais uma possibilidade concreta, de consequências imprevisíveis. Para a gravidade deste novo surto contribuem não só a sua duração e o número de pessoas infectadas e de vítimas mortais, mas também o facto de pela primeira vez ultrapassar as barreiras das zonas rurais e estar a atingir zonas mais densamente povoadas, dificultando o isolamento dos doentes e, conseqüentemente, o controlo da doença. Deste exemplo apenas⁸, se compreende facilmente o papel decisivo da ciência enquanto actividade

⁶ Vírus altamente contagioso e mortal, com taxas de sobrevivência que não ultrapassam os 10%, para o qual ainda não foi possível encontrar vacina ou cura. A transmissão deste vírus que provoca febres hemorrágicas, dá-se a partir do contacto com fluídos corporais de pessoas ou animais infectados (vivos ou mortos) – como sangue, suor, urina ou saliva –, mas não por via aérea.

⁷ Tratam-se, obviamente, de números em constante actualização. Entre pessoas infectadas e vítimas mortais contam-se vários profissionais de saúde, entre os quais o médico virologista Sheik Omar Kahn, responsável pelo tratamento de mais de uma centena de doentes infectados com o vírus Ébola, que trabalhava doze horas diárias a tentar salvar vidas, liderando o combate desta doença na Libéria e que se encontrava presentemente a chefiar a equipa de combate da epidemia na Serra Leoa, e que acabou por sucumbir à doença no dia 29 de Julho de 2014 (OMS, <http://www.who.int/en/> [consultada em 01/08/2014]; Ferreira, 2014).

⁸ A este propósito ainda, dois temas que desenvolveremos mais à frente – a literacia científica e a compreensão pública da ciência. Dado tratar-se de uma doença contagiosa grave e com elevadíssimo risco de morte, para a qual ainda não há vacina ou cura, seria da máxima importância adoptar todas as medidas profilácticas possíveis, sobretudo nas zonas de maior risco, e identificar e colocar sob quarentena os casos detectados com a brevidade e eficácia possíveis. Mas crenças populares e falta de informação nos países endémicos, em particular nos meios rurais (onde a epidemia mais se faz sentir) – alertam as autoridades –, estão a agravar a capacidade de combate à doença, havendo relatos de pessoas que escondem familiares doentes, mantêm cadáveres em casa (persistindo no culto do ente querido, nomeadamente através do ritual do banho do defunto), de pessoas que procuram soluções de tratamento alternativas (que além de ineficazes potenciam os riscos de contágio alargado da doença) ou ainda de pessoas que fogem do isolamento. Ainda assim, têm sido envidados todos os esforços possíveis para divulgar informação sobre a doença e as medidas de higiene preventivas de contágio em todas as zonas afectadas. Nas cidades

humana capaz de ajudar a resolver problemas graves da humanidade. E milhares de homens e mulheres por todo o mundo trabalham, todos os dias – investigando, ensinando, aplicando, comunicando –, justamente num esforço conjunto de intentar o progresso científico e de continuar a acrescentar páginas ao livro do conhecimento humano.

Não é única da espécie humana a capacidade de conhecer e reconhecer padrões, todavia apresentamos a singularidade de combinar, de forma consciente e deliberada, a capacidade de nos adaptarmos a novas condições, conhecendo ou reconhecendo os padrões dessas novas condições e de acumular conhecimento⁹. E essa combinação engenhosa é o que singelamente podemos chamar *ciência*.

O sistema de convicções¹⁰ será tão antigo quanto as próprias espécies humana e não humanas. O conhecimento tem por objectivo, genericamente, o sucesso das interacções dos seres vivos com o meio que os rodeia, procurando a compreensão e a adaptação à contínua transformação que caracteriza o universo em que vivemos. Sendo por isso indissociável do esforço que sempre empreendemos no sentido de criar condições de sobrevivência e manutenção da nossa espécie.

A luta pela sobrevivência num mundo instável e por vezes hostil tem estimulado a compreensão do que nos rodeia, assim como a organização e transmissão desse repositório cognitivo colectivo para as gerações seguintes, com a finalidade de permitir uma interacção mais eficaz. Vivendo em comunidade, o sistema de convicções, ou o repositório dos registos dessas interacções, tendem a ser transmitidos através da socialização, do hábito e da aprendizagem, processos esses que reforçam a capacidade de resposta do grupo aos estímulos do meio (Caraça, 2001). Sendo a coesão social de um dado grupo de indivíduos particularmente ditada pelas convicções partilhadas pelos membros desse grupo.

O ser humano apresenta a capacidade única de criar um conjunto de sofisticadas linguagens de comunicação falada e escrita, que abriu vias para a formação e reforço

dos países endémicos têm sido adoptadas medidas extraordinárias de prevenção que envolvem, nomeadamente, o encerramento das escolas e a redução a serviços mínimos. Naturalmente, uma análise mais precisa e compreensiva deste caso (que não constitui objecto de estudo do presente trabalho), requereria um enquadramento mais vasto no contexto económico, social e cultural destas populações, caracterizado por enorme escassez de recursos de ordem diversa; ainda assim realça desde logo inequivocamente a importância do conhecimento por parte de todos, para o bem individual e colectivo.

⁹ Que a linguagem falada e escrita tornou possível.

¹⁰ Entendidas como a associação significativa entre dois factos.

das convicções, e de organizar e assegurar a passagem do conhecimento¹¹. A propósito da relação entre conhecimento e linguagem, João Caraça refere que:

a novidade evolutiva trazida pela espécie humana consistiu num sofisticado meio de comunicação: a linguagem verbal. (...) A invenção da linguagem é um empreendimento colectivo da maior importância que vem reforçar os dispositivos sociais de coesão com vista a garantir a sobrevivência. Mas a linguagem não é só um sofisticado meio de comunicação como também o produto de um método muito mais poderoso de pensar, de conhecer. (...) O conhecimento aparece como o resultado da comunicação com êxito, com o mundo exterior; o conhecimento refere-se a representações da realidade organizadas como um repositório das 'relações' em que o indivíduo se vê envolvido na sua actividade. (...) As linguagens são simultaneamente 'repositórios' e meios" (2001: 115 e ss).

A ciência, enquanto estratégia que combina a nossa predisposição para (re)conhecer padrões e a acumulação de observações, foi possível pela capacidade singular do ser humano de inventar um sistema de linguagens diversificado e complexo. O poder da linguagem foi substancialmente reforçado com a invenção da escrita, desde a criação da imprensa até aos mais recentes avanços da comunicação, com destaque para a internet, que revolucionou a capacidade de disseminar a informação rapidamente a qualquer parte do mundo por acção de um mero dispositivo electrónico pessoal portátil – computador, *tablet*, telemóvel, etc. Donde, no que poderíamos classificar de uma relação simbiótica, a ciência foi possibilitada pela linguagem mas tem sido ela própria geradora de um enorme dispositivo comunicacional.

Difícilmente se conseguirá elencar toda a magnificência da ciência numa única definição, podemos ainda assim procurar enunciar alguns dos aspectos mais relevantes de que se reveste. Muitos têm sido os autores que têm procurado dar o seu contributo para a definição do conceito de ciência, enunciando o que consideram ser as suas principais características.

¹¹ Nas sociedades exclusivamente orais, as possibilidades de aquisição e transmissão do saber eram escassas (Cherkaoui, 1994). À oralidade competia não apenas a função de expressão do ser humano ou a forma de comunicação na prática quotidiana, mas também a função básica de preservação da memória social (Lévy, 1994, 1997). Assim todo o edifício cultural das sociedades anteriores à invenção da escrita estava assente na lembrança e a inteligência era associada à memória. Platão, filósofo e matemático do período clássico da Grécia Antiga, defendeu a ideia de que *a falta de memória e de ciência encontraram remédio na invenção das letras* (2009).

Segundo João Caraça (2001): i) a ciência pode ser entendida como um dispositivo cognitivo, retórico e comunitário de produção de estratégias de sobrevivência na relação com o meio exterior; ii) um elemento indispensável do diálogo interminável do homem com o seu mundo; iii) o conjunto de conhecimentos validados respeitantes às disciplinas cujo objecto radica na interacção com o mundo; iv) o conhecimento que circula na comunidade científica no decurso da sua actividade profissional; v) uma maneira própria de conjecturar sobre a realidade; ou ainda, vi) num quadro comunicacional, um campo de conhecimento disciplinar que surge e actua no âmbito de actividades de comunicação.

De acordo com Luís Bernardo (2013), a ciência pode ser entendida como um corpo de conhecimentos organizados de forma racional, sistemáticos, verificáveis e falíveis, obtidos através do método científico. Sendo função da ciência descrever e compreender os factos de modo demonstrável e tão exacto, simples, completo e independente quanto possível do observador. A ciência procura concentrar os seus esforços não tanto a tentar compreender os “porquês” (*as razões profundas*) dos fenómenos que observa, mas sobretudo a explicar “como” se relacionam (*a forma das relações*); o que não inviabiliza que, centrando-se a ciência essencialmente na procura das relações funcionais – nos *como* –, procure igualmente encontrar as linhas condutoras das causas próximas dos fenómenos, dentro do limite da tangibilidade da análise e compreensão humanas dos mesmos.

Ainda de acordo com este autor, o trabalho dos cientistas consiste na utilização do raciocínio, na análise dos dados observados, no encadeamento lógico dos factos, na tentativa de estabelecer o corpo de leis que regem as relações entre os fenómenos, e na procura da validação pela observação metodológica e observacionalmente sustentada – o *método científico*¹². A ciência moderna desenvolve-se em torno da busca da verdade, através de uma prática de construção do conhecimento científico. No entanto, o método científico será porventura o único que não assume resultados definitivos, porquanto, utilizando um método baseado no estabelecimento de hipóteses e na sua verificação, que não hesita validá-las perante a evidência da prova, mas que de igual modo porém não se coíbe de derrubá-las perante a demonstração da sua falsidade¹³.

A descoberta da *verdade científica* apresenta metodologias bem explicitadas que norteiam e caracterizam toda a actividade científica, aplicando-se no estudo de qualquer

¹² Bernardo, *op. cit.*, p.16.

¹³ Idem, p.24.

ciência¹⁴. A este propósito, já John Arthur Thomson havia sugerido, em 1911, que os cientistas revistam o seu trabalho de imaginação e bom-senso, com recurso ao uso da lógica – indutiva ou dedutiva¹⁵. Hábitos de pensamento de natureza dogmática, intuitiva ou apriorística devem, pois, ser trabalhados e eliminados, dentro do possível, dos procedimentos de investigação científica. E é justamente nesse sentido que também Goethe alertava os cientistas para a necessidade de combaterem falhas frequentes associadas ao pensamento e ao comportamento humanos, tais como o *sectarismo*, *teimosia*, *generalizações rápidas sem dados certos*, *ligeireza de opiniões*, *preguiça*, [ou] *leviandade*, sugerindo que deveriam *reunir todas as observações feitas, repetir e variar tanto quanto possível as experiências, tornando-as fáceis, para ficarem ao alcance do maior número, formular proposições que resumam os resultados obtidos e por fim relacioná-las com algum princípio geral*¹⁶.

Para o sociólogo francês Edgar Morin (1982), a ciência será, por um lado, um ramo do saber que não se distingue das demais formas de pensamento humano que não pelo seu método específico de aplicação – que remete para uma atitude de validação de hipóteses –, e, por outro, é a base do processo de organização e racionalização das sociedades modernas, cuja *infratextura procura segregar na sua análise*.

A ciência, enquanto tarefa sistemática de acumulação de conhecimentos sobre o mundo e de organização e condensação desses conhecimentos em leis e teorias testáveis (Wilson, 1999)¹⁷, deslumbra-nos pela sua capacidade de nos surpreender com resultados que permitem avanços revolucionários no conhecimento humano. Tais descobertas permitiram, nomeadamente, duplicar a nossa esperança média de vida, libertar-nos de

¹⁴ Sendo importantes etapas como: i) enunciação da proposição em estudo; ii) estabelecimento de hipóteses; iii) recolha e o tratamento de dados e análise dos resultados obtidos à luz de processos de validação metodológica e observacionalmente sustentados (de que é exemplo a experimentação); iv) confirmação ou infirmação das hipóteses.

Mas estes são apenas princípios que devem regular a prática científica e que têm de se adaptar às circunstâncias especiais e particulares do objecto de investigação. (...) Este método, aplicado à Matemática, não inclui nem a observação nem a experimentação, mas as leis matemáticas, baseadas em postulados ou proposições previamente verificadas, necessitam de ser logicamente validadas, e essa validação constitui uma etapa fundamental do método científico. (...) Nas ciências sociais, a experimentação (...) é muitas vezes irrealizável por razões de natureza prática ou ética (Bernardo, *op. cit.*: 21 e ss).

¹⁵ Para mais detalhes, ver John Arthur Thomson (1911), *Introduction to Science*, Cambridge, The University Press. (versão digital, disponível em: <https://archive.org/stream/introductiontosoc00thomrich#page/10/mode/2up> [consultado em 11 de Agosto de 2014]).

¹⁶ Cf. Bernardo, *op. cit.*, p 21 e ss.

¹⁷ Edward O. Wilson, (1999), *Consilience*, Nova Iorque, Vintage Books [versão on-line, consultada em <http://wtf.tw/ref/wilson.pdf>, em 1 de Agosto de 2014]. Nesta obra, o autor recupera a ideia iluminista da consiliência, defendendo a unidade do conhecimento, a interdisciplinaridade entre as diferentes áreas do conhecimento e a conjugação dos diversos campos do saber.

tarefas árduas e estupidificantes que caracterizaram a vida da maior parte dos cidadãos ao longo de toda a história humana, encontrar formas de prevenir e tratar doenças, revelar-nos a imensidão do universo, mostrar que as leis naturais não podem ser contornadas mas podem ser compreendidas, e disponibilizar-nos – nos dias que correm ao alcance dos nossos dedos –, conhecimento sobre o mundo natural e social em que vivemos¹⁸. De tal forma que, por exemplo, no espaço de pouco mais da duração de uma vida, assistimos ao desvendar d' *O Livro da Natureza*¹⁹.

Neste início de século e de milénio, áreas como a biologia molecular têm vindo a fazer luz sobre a própria vida através de conhecimentos que alguns cientistas se atrevem a denominar como *a teoria* – a explicação que daria sentido ao conjunto do universo. Pelo caminho ficam, naturalmente, muitas descobertas *revolucionárias* que acabam por se revelar erradas nas suas observações ou conclusões. Mas o erro é uma componente normal em ciência. A credibilidade e o sucesso científicos assentam, aliás, na capacidade e na vontade de os cientistas exporem as suas novas ideias e resultados à comunidade científica, submetendo-os ao escrutínio dos pares. E, subsequentemente, retrabalharem factos ou teorias, ou mesmo abandoná-los, se provados incompletos ou incorrectos à luz de novas provas completas e fiáveis. E é justamente a adesão a estes princípios básicos da actividade científica que fornece o mecanismo de auto-correcção que distingue a ciência de outras formas de conhecimento, e credibilizam o conhecimento científico. A ciência afigura-se-nos, deste modo, a forma de separarmos o conhecimento da ideologia ou da fraude.

A compreensão científica do mundo distingue-se pelo critério de validade dos novos saberes só adquirirem significado ou valor (provisórios) mediante o escrutínio da observação metodologicamente sustentada da teoria, através do recurso a linguagens e métodos específicos do conhecimento científico disciplinar a que dizem respeito. De facto, a ciência distingue-se de outras formas de saber, por assentar em teorias e conceitos validados e permanentemente testáveis; existindo uma interacção permanente entre essas teorias e conceitos e a sua verificação e, conseqüente (re)validação ou refutação.

¹⁸ E esses são, de resto, objectivos da ciência moderna e das sociedades civilizadas.

¹⁹ A expressão *O Livro da Natureza* surgiu com o cientista italiano Galileu Galilei (1564-1642), fundador do método experimental, e quem primeiramente afirmou que a Matemática é a linguagem das leis naturais. De que é bem ilustrativo o exemplo da queda dos graves: *os corpos caem de uma maneira regular, percorrendo distâncias que são proporcionais aos quadrados dos tempos* (<http://cemat.ist.utl.pt/livrodanatureza/livro.html> [consultada em 01/08/2014]).

Noutro sentido, acrescentar ainda que a actividade científica não se resume à etapa criativa – à fase *eureka!* Tal como nos alerta Caraça (2001), a ciência tem, de facto, uma importante fase criativa – tem de haver, naturalmente, novo conhecimento em resposta a uma conjectura que se formulou e à qual se procura dar significado através de processos de validação científica –, mas o conhecimento científico inscreve-se num processo mais vasto que caracteriza o *fazer ciência*, e que é um processo eminentemente comunicacional. Isto é, para que o significado seja aceite, é imprescindível que seja validado pelos pares – quem tem a legitimidade para tal, por serem quem domina a linguagem utilizada. Os novos conhecimentos têm, portanto, de circular, sendo essa actividade de circulação parte integrante da actividade científica; e o facto de não envolver actividade criativa não lhe retira mérito, mas antes oferece maior credibilidade ao conhecimento científico, porquanto confere a garantia de ser reconhecido (até prova em contrário) por quem melhor habilitado está para isso: uma comunidade científica alargada, que domina os seus princípios, processos e linguagens, que de resto corresponde ao grupo de pessoas que está habilitado para certificar a qualidade desse conhecimento. O conhecimento científico circula entre pares através de uma vasta e complexa rede cognitiva e comunicacional (essencial à certificação colectiva), por via de meios de comunicação específicos – como publicações especializadas (artigos, livros...), seminários, etc. Mas também, e com particular acuidade nos nossos dias, entre públicos não especializados com recurso a linguagens menos codificadas, e por diversas vias – nomeadamente imprensa, programas televisivos e radiofónicos, seminários para não especialistas, museus e exposições, entre outras –, numa óptica de comunicação e compreensão públicas da ciência²⁰

A ciência abarca um campo cognitivo vasto, constituído por um número considerável e crescente de disciplinas e subdisciplinas, actuando cada uma em domínios específicos do conhecimento, procurando dar resposta a problemas e utilizando linguagens elaboradas e de precisão próprios, e constituindo comunidades científicas específicas. Ainda assim, a ciência enquanto domínio do conhecimento de nível disciplinar apresenta uma identidade processual específica comum, que a especialização científica não impede (nem dispensa), a qual deriva de uma maneira própria de conjecturar sobre a realidade²¹, baseada num único objectivo genérico partilhado – o conhecimento do mundo. Naturalmente, as diversas ramificações

²⁰ Que desenvolveremos adiante.

²¹ A estratégia de ter como critério comum a validade assente na verificação.

científicas não ocorreram todas em simultâneo, sendo algumas milenares e outras fruto de recentes interrogações ou descobertas, ou seja, surgem²² a partir de outros campos cognitivos, organizando-se e desenvolvendo-se através de linguagem própria e conquistando terreno específico²³.

Nunca como nos nossos dias, se falou tanto no trinómio ciência, tecnologia e técnica. De acordo com João Caraça, poder-se-ia dizer, de uma forma simples, que *a ciência, a tecnologia e a técnica correspondem, respectivamente, aos níveis disciplinar, explícito e tácito do conhecimento*. A tecnologia está relacionada com processos de produção e utilização de produtos, e com a aplicação de conhecimentos científicos na definição e concepção de sistemas com vista a determinados objectivos práticos. Por seu lado, a técnica situa-se no plano da acção, correspondendo à *operacionalização* dos conhecimentos tecnológicos. Também como nunca, ciência, tecnologia e técnica estão ligados numa relação de interdependência. Senão vejamos: i) os avanços na ciência dependem em boa parte da criação de instrumentos científicos crescentemente sofisticados e adequados às linguagens científicas específicas; ii) instrumentos esses cujo fabrico depende intimamente do grau de desenvolvimento tecnológico da sociedade a que se reportam); iii) desenvolvimento tecnológico que, por sua vez, se baseia no tipo e quantidade de conhecimentos técnicos disponíveis. Noutro sentido, é conhecido que a utilização intencional de conhecimentos científicos tem impulsionado determinantemente o nível tecnológico das organizações e das sociedades que os favorecem. E que, em última instância, tal se tem traduzido no correspondente nível técnico dessas sociedades (Caraça, 2001).

A ciência e a tecnologia estão estreitamente relacionadas. Quando os conhecimentos científicos são aplicados ao fabrico de instrumentos ou na elaboração de produtos que melhoram as condições de vida, falamos de tecnologia. Das numerosas descobertas na investigação científica, vão-se fazendo aplicações úteis ao homem. Por exemplo, no século XIX, Wilhem Röntgen descobriu que certas substâncias emitiam uma radiação desconhecida até então, a que chamou Raio X; a descoberta da radiação X e o desenvolvimento dos meios de produzi-la e controlá-la abriram novas perspectivas em muitos campos, em especial na medicina. Da possibilidade de obter imagens do interior do corpo sem a necessidade de o abrir, advieram enormes progressos na elaboração de diagnósticos. Por outro lado, o desenvolvimento da tecnologia também

²² Não sendo imutáveis ou infindáveis, podem igualmente adaptar-se ou mesmo extinguir-se.

²³ Caraça, 2001.

tem grande influência na ciência, mediante o fabrico de instrumentos de grande precisão que facilitam e permitem aprofundamentos consideráveis na investigação científica. Vejamos o caso do microscópio, que forneceu imagens dos objectos enormemente aumentados, com pormenores muito mais minuciosos, possibilitando a investigação da estrutura de corpos que até então não era possível conhecer.

Sendo o esforço científico uma luta contra a fraude ou a ideologia, e a ameaça mais grave para o cidadão comum a de, muitas vezes, não se encontrar em condições de avaliar o que é e o que não é conhecimento científico, os que seguiram uma carreira científica têm o direito e o dever de informar o público sobre o (muito) que já aprendemos sobre o mundo. É neste sentido que Caraça (2001) afirma que vivemos tempos em que se torna cada vez mais importante perceber o que é a ciência: i) quando e como há ciência; ii) onde (em que lugares) ela surge; iii) quem a pratica; iv) como se valida; e v) como influencia a vida quotidiana de todos os cidadãos.

A permanente questionabilidade do conhecimento científico poderá ser desconfortável aos olhos de muitos, mas é precisamente o processo pelo qual as novas ideias científicas passam até obter aceitação – temporária – que nos permite avançar no conhecimento validado – conhecimento científico. Os que anseiam por certezas que a ciência não lhes pode dar sentir-se-ão tentados a seguir os ditames de crenças ou a acreditar em garantias absolutas baseadas em fanatismos. Crê-se que a cultura científica dos cidadãos poderá prevenir e minimizar estes casos. Duas questões que a este propósito se levantam serão: o que se poderá considerar uma sociedade cientificamente culta? Que conhecimento desejavelmente os cidadãos deveriam ter sobre ciência? Os progressos científicos desde a segunda metade do século XX trouxeram-nos conhecimento em quantidade e complexidade tais que, os próprios cientistas, lutam por se manter actualizados, até na sua própria área de especialidade. Donde, sem prejuízo de um conjunto básico de conhecimentos científicos sobre os quais os cidadãos deverão ter noção, ganha força a ideia de que as pessoas necessitam de ter uma visão científica do mundo. No fundo, trata-se de dotar os cidadãos de capacidades que lhes permitam adoptar um pensamento crítico²⁴, através do qual sujeitam as convicções a uma análise crítica, por oposição a uma postura que, ou resiste a quaisquer novas convicções, ou aceita acriticamente e sedimenta todas as convicções que lhe são apresentadas.

²⁴ Conceito que, oportunamente, desenvolveremos.

Ainda que a resolução da maioria dos problemas mais prementes e complexos das sociedades actuais não possa ser perspectivada sem a intervenção da ciência, a sua magnitude e impacto sobre a vida de todos nós, faz que com que tenhamos de agir e decidir com base nos conhecimentos actuais, já que não podemos esperar que a ciência encontre todas as respostas e num curto espaço de tempo²⁵. Entretanto, os governos precisam de legislar e impor regulamentos (vejam-se casos em matéria ambiental, genética ou de bioética), os tribunais têm de decidir litígios, os médicos têm de diagnosticar e aplicar terapêuticas aos pacientes, a sociedade no seu conjunto é chamada a decidir sobre assuntos de interesse comum; tudo com base nos conhecimentos científicos de que dispomos até ao momento. E qualquer destas situações é potencialmente geradora de conflitos, porquanto existem interesses contraditórios, pessoas mais e menos informadas, pessoas que confiam mais e menos na ciência.

Donde, aproveitando o desconhecimento e/ou cepticismo de muitos cidadãos, e paradoxalmente na era da informação e de tantos progressos científicos, assiste-se a uma proliferação de campanhas anti-ciência, nomeadamente no campo da saúde humana, com propaganda, cuidadosa e inteligentemente levada a cabo, de produtos panaceia que “resolvem todos os problemas da humanidade”. Nalguns casos, com sucesso (avaliado em termos de adesão e não de resultados alcançados) considerável por parte de quem, na ânsia por soluções imediatas ou miraculosas, abre caminho para a pseudo ciência e para a fraude²⁶.

Os progressos que a ciência tem permitido, por exemplo, em termos de conhecimento do mundo natural, eram dantes ocupados por crenças no sobrenatural. Com efeito, se no passado aceitávamos os fenómenos naturais como vontades divinas – bênçãos ou castigos – hoje conhecemo-los explicados através de leis naturais. Mais, temos até provas científicas inequívocas de que o próprio homem tem a capacidade de afectar o clima do planeta. A ciência na área da Climatologia²⁷ situa-se actualmente

²⁵ A ciência, como qualquer empreendimento sério e rigoroso, requer tempo; aliás, *tempos* – para interrogar, problematizar, planejar, pesquisar, analisar, reflectir, testar, validar...

²⁶ Segundo Brian M. Stableford, tal *sucesso é testemunho do fracasso da educação moderna em fornecer as armas intelectuais necessárias à sobrevivência no mundo contemporâneo* (em Luís Miguel Bernardo (2013), *Cultura Científica em Portugal – Uma perspectiva história*, Porto, U.P. Editorial, p.29).

²⁷ A investigação na área da climatologia, à semelhança de muitas outras áreas científicas, tem registado avanços revolucionários, sustentados por modernas técnicas de observação (como satélites, que são um exemplo de instrumentos científicos que nos têm permitido aumentar o campo observável e observado e situar a espécie humana no planeta e num universo mais vasto), e por avanços notáveis na área informática, possíveis graças à microelectrónica, que permitem o armazenamento e o tratamento de dados que revelam com elevado grau de certeza, por exemplo, que a Terra apresenta nos nossos dias temperaturas mais elevadas que há um século, e que a queima de combustíveis fósseis teve como

num plano mais avançado, que incumbe os cientistas de dar passos revolucionários no sentido de apresentar soluções que permitam travar e inverter a situação que nós próprios criámos e que ameaçam a sobrevivência das espécies – humana incluída, pela relação de interdependência com as demais, pelas condições de não sobrevivência relacionadas com a qualidade do ar e da escassez e poluição da água potável, da

consequência um aumento dos níveis de dióxido de carbono na atmosfera, sendo que em pouco mais de um século – desde a Revolução Industrial – o homem conseguiu alterar um equilíbrio natural ao queimar combustíveis fósseis depositados subterraneamente durante milhões de anos. O alerta dado pelos cientistas vem, pois, no sentido de, a manterem-se as actuais emissões de dióxido de carbono, as consequências serem desastrosas para as espécies e para a terra ainda no decorrer do presente século, com a iminente submersão de muitas áreas habitadas pela subida das águas dos mares em consequência do derretimento de importantes áreas de gelo polares pelo aumento da temperatura terrestre, ou de alterações drásticas e imprevisíveis nos ciclos de chuva com as consequências previsíveis em matéria de produção alimentar. Neste sentido, os cientistas advertem para a necessidade de controlar o consumo de combustíveis fósseis, pelo menos até que se consigam prever com maior exactidão as consequências daí resultantes, sob pena de colocarmos em risco as gerações humanas e não humanas vindouras. Não sendo matéria consensual, já que nem todos os cientistas baseiam as suas preocupações no aquecimento global do planeta – alegando que outros períodos de aquecimento global existiram antes do início da queima de combustíveis fósseis por parte dos humanos –, existe unanimidade na preocupação sobre as consequências, a médio e longo prazo, para todas as espécies e para o planeta, dos aumentos continuados dos níveis de dióxido de carbono na atmosfera. As divergências entre cientistas neste debate sobre o clima – e que não será por certo caso único no mundo científico – poder-nos-á levar à seguinte questão: se todos partem dos mesmos dados e se baseiam no mesmo método científico de análise, porquê as divergências? É que se o debate se baseasse somente em leis da natureza, a discórdia seria residual, porém separam-nos enquanto espécie – e os cientistas são homens e mulheres –, visões políticas, sociais, económicas e religiosas do mundo. Ou seja, nem todos queremos o mesmo, e os cientistas, como qualquer humano, antes de terem sido submetidos a uma visão científica do mundo, foram sujeitos a visões específicas do mundo, e continuam a ser, enquanto cientistas, dependentes de muitas visões do mundo e do que queremos para o mundo. Mas sendo unânimes relativamente ao facto de que os níveis de dióxido de carbono na atmosfera estão a aumentar, e que isso constitui um problema concreto e grave para a humanidade e para o planeta, seguramente é merecedor da máxima atenção de todos – cientistas e não cientistas –, e a ciência tem, indiscutivelmente, um papel fundamental a desempenhar, fornecendo conhecimento e possíveis soluções que nos permitam (re)definir estratégias de sobrevivência. A responsabilidade especial dos cientistas no debate sobre as alterações climáticas é o de informar o mundo sobre as condições actuais e as opções possíveis.

Veja-se a propósito, o exemplo da primeira cimeira científica realizada para definir as prioridades científicas para os próximos vinte anos na região da Antártida (uma das regiões do planeta que tem evidenciado sinais de mudanças ambientais bastante rápidas e profundas), organizada pela Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR) e que em Abril de 2014 reuniu setenta e cinco cientistas e decisores políticos de vinte e dois países – entre os quais o cientista português José Xavier, da Universidade de Coimbra. Nesta primeira cimeira definiram-se as principais áreas de intervenção para as próximas duas décadas (posteriormente publicadas na revista *Nature* de 7 de Agosto de 2014): *definir o alcance global da atmosfera da Antártida e do Oceano Antártico; compreender como, onde e porquê a camada de gelo que se encontra na Antártida perde massa; revelar a história da Antártida; aprender sobre como a vida na Antártida evoluiu e sobreviveu; observar o espaço e o universo e reconhecer e mitigar a influência humana* (Kennicutt *et al.*, 2014; Xavier, 2014; <http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=59116&op=all> [consultado em 7 de Agosto de 2014]. Este exemplo demonstra claramente que a ciência está atenta e a trabalhar afincadamente na procura de respostas e soluções para os problemas prementes da humanidade, da vida na Terra, e da própria Terra, mas também que tal não tem efeitos imediatos. O degelo da Antártida e a destruição da camada de ozono são realidades de vital importância conhecer e contrariar, pelas suas consequências globais nas alterações climáticas, no nível da água do mar, na biodiversidade e na sobrevivência da própria humanidade, mas são igualmente complexas e de difícil solução, pelo que o decisivo contributo da ciência implica um trabalho contínuo e empenhado, mas também financiamento e tempo.

destruição da camada de ozono ou a erosão dos solos –, e possivelmente a própria terra, pelo menos tal como a conhecemos.

1.2 Universalidade da ciência

Surgida na Europa no século XVII, a ciência moderna expandiu-se por todo o mundo e a sua influência a todos os domínios da actividade humana, transformando-se num modo de aquisição e acumulação de conhecimento universal²⁸. O princípio da descoberta individual ou de uma equipa de investigadores com base em conhecimentos previamente estabelecidos e validados pela comunidade científica, num processo de sucessivo escrutínio pelos pares –, conferiu-lhe um carácter distintivo e universal.

É verdade que nem sempre a natureza cosmopolita da ciência e o seu carácter eminentemente universalista foram unânimes, havendo quem defendesse o enquadramento da ciência num paradigma de desenvolvimento nacional, sob uma lógica de ciência ao serviço das necessidades e características específicas de determinados povos e nações²⁹. Mas esta visão de uma ciência *nacionalista*, não só não resolve os problemas de uma nação, como é contrária aos princípios basilares do conhecimento científico e ao valor universalista da ciência: o conhecimento validado pelos pares e ao serviço da humanidade³⁰. De acordo com Bernardo,

O método, os problemas, as abordagens e as soluções da ciência são universais, e todas as contribuições nacionais com as suas características particulares são, naturalmente, integradas nessa universalidade. Retirar o carácter cosmopolita à ciência, tanto no que respeita a objectivos como a métodos, é pôr em causa não só alguns dos valores fundamentais da ciência, mas ela própria (2013: 36).

Segundo o Conselho Internacional de Ciência³¹, a universalidade da ciência almeja, no seu espectro mais alargado, constituir uma comunidade científica global com

²⁸ Bernardo, *op. cit.*, p.32.

²⁹ Como discutido em Luís Miguel Bernardo, 2013, p. 32 e seguintes.

³⁰ E se conjugada com determinadas motivações políticas, militares económicas e sociais, pode representar não só uma perversão do objectivo da ciência mas um perigo para todos. De que a História do século XX nos dá exemplos flagrantes e dramáticos, como veremos adiante.

³¹ O Conselho Internacional de Ciência – ou em inglês *International Council for Science (ICSU)*, é uma organização não governamental internacional, que conta com a representação de mais de 140 países e um corpo de 121 membros científicos de variadas áreas científicas. O seu objectivo último é o de promover a cooperação internacional para o avanço da ciência. E, nesse sentido, resumidamente, tem por missão mobilizar o conhecimento e os recursos da comunidade científica internacional no sentido de: i)

base em princípios de equidade e não-discriminação. Mas procura igualmente assegurar-se de que a ciência merece confiança e é valorizada por todas as sociedades humanas. Nesse sentido, aspectos como a educação e a literacia científicas, o acesso a dados e a informações de natureza científica, ou a relação entre ciência e sociedade não podem ser descurados. Noutra sentença ainda pressupõe os princípios de integridade, liberdade e responsabilidade da actividade científica³².

Todavia, frise-se a ideia da não hegemonia do conhecimento científico, como pertinentemente argumentado, por exemplo, por João Caraça (2001) ou Caraça e Carrilho (1992), através da noção de *arquipélago dos saberes*. Dizem-nos os autores que as sociedades modernas são palco de mudanças assentes no paradigma da comunicação, configurando uma rede dos saberes em *arquipélago*, que não postula uma génese comum nem admite hierarquia, natural ou funcional, dos saberes, mas antes uma acção de partilha com vista à criação e à circulação de conhecimentos.

1.3 Ciência e Poder

A evolução do ser humano tem-se caracterizado pela sua capacidade de adaptação a novas condições que o mundo instável em que vive lhe impõe, sabendo tirar proveito dos recursos de que dispõe no ambiente que o rodeia em cada época e local. A viabilidade das sociedades humanas num dado tempo e num dado espaço geográfico, tem assentado em estruturas auto-organizadas, coerentes e coesas³³. E o sucesso dessa *auto-organização* implica a existência e o exercício do poder³⁴. O poder é um mecanismo conjunto de coesão, influência, autoridade, força e manipulação, nos domínios da acção física, da comunicação ou ainda de todos processos que combinem estas duas componentes. E neste sentido, em todas as sociedades, o poder exerce-se sobre os elementos sociais materiais e imateriais. Quanto mais complexa for a sociedade, mais complexa a sua configuração de poderes, variando os poderes de acordo

identificar os assuntos de interesse relevante para a ciência e para a sociedade; ii) facilitar a interacção entre os cientistas de todas as disciplinas científicas de todos os países; iii) promover a participação de todos os cientistas no empreendimento científico, independentemente da raça, nacionalidade, língua, opção partidária ou género; e, iv) apresentar sugestões credenciadas e independentes que estimulem o diálogo entre a comunidade científica, governos, sociedade civil e sector privado. Cf. ICSU, <http://www.icsu.org/>.

³² Para mais detalhes, ver ICSU, <http://www.icsu.org/>.

³³ Caraça, 2001.

³⁴ Caraça, 1996.

com as sociedades que organizam e os possibilitam; e assim tem sido ao longo de toda a história evolutiva da humanidade³⁵.

O século XX assistiu a uma crescente complexificação do sistema de poderes, a que ciência e o desenvolvimento tecnológico não foram alheios, quer como elementos geradores quer como subordinados – particularmente a partir da segunda metade do século, com os poderes político e militar a apostar em esforços estratégicos baseados no desenvolvimento de conhecimentos científicos e no progresso tecnológico³⁶; assim como os poderes económico e financeiro a promover mecanismos que possibilitassem a acessibilidade de produtos e serviços, possibilitando deste modo a expansão do consumo de massa.

A ciência moderna assume-se, nos nossos dias, como a produtora de conhecimento validado, revestindo-se a prática científica da capacidade indiscutível de influenciar a transformação e o desenvolvimento das sociedades actuais. De acordo com João Caraça fá-lo através de diversas formas: i) pela geração de inovações, que previsivelmente influenciam as formas de viver em sociedade; ii) pela criação de novos significados e representações que passam a ser incorporados nas culturas sociais contemporâneas alargando as possibilidades de escolha; e iii) que, por essa via, – possibilitam a emergência de novas perspectivas e procedimentos mais consentâneos com a busca de soluções para o objectivo maior, de hoje e sempre: a sobrevivência no futuro (2001, 1999).

Não é hoje possível conceber as sociedades contemporâneas, crescentemente complexas nas suas várias vertentes – económica, financeira, social, cultural... –, e acompanhadas da respectiva configuração de poderes, sem base estratégica assente na ciência e na tecnologia³⁷.

³⁵ Caraça, 1999. Para mais detalhes, ver João Caraça (1999), “Ciência, complexidade e poder”, in *Análise Social*, Vol. XXXIII (151-152), (2.º e 3.º), pp.683-689 (versão *on-line* disponível em <http://analisesocial.ics.ul.pt/documentos/1218799405I1vAT3cf3Wc33TT0.pdf> [consultada em 6 de Agosto de 2014]).

³⁶ Ver a este propósito, Vannevar Bush (1945), *Science, the Endless Frontier*, United States Government Printing Office, Washington (disponível em <https://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm> [consultado em 6 de Agosto de 2014]).

³⁷ Nomeadamente, sociedades modernas que não desenvolvam uma política pública de ciência que i) promova e financie uma panóplia de centros de investigação em áreas estratégicas; ii) estimule e financie a formação avançada de recursos humanos (por exemplo, através da concessão de bolsas de doutoramento e pós-doutoramento); iii) fomente a atractividade das profissões científicas, através de condições de profissionalização e progresso na carreira científica; e iv) desenvolva condições para a compreensão pública da ciência e a cultura e literacia científicas, crucial em função da crescente intervenção da ciência na vida quotidiana de todos os cidadãos (sendo que todos temos de fazer escolhas e somos chamados a tomar decisões que envolvem conhecimento científico), fortalecendo o exercício da cidadania o espírito

E é neste sentido que João Caração preconiza que *as relações da ciência com o poder são, pois, constitutivas, instrumentais, temporais e históricas.* (...) [existindo a] *necessidade de definir explicitamente uma política para a ciência (...) e de articulá-la com as outras políticas públicas* (2001: 111 e ss).

Segundo Fontes e Silva (2004), a ciência é, por um lado, uma fonte de poder em si mesma e, por outro, é ela própria dominada por outros poderes, nomeadamente político. E esta ambiguidade só poderá ser analisada e compreendida por populações cada vez mais alfabetizadas cientificamente – tendo a escola um papel indiscutível a desempenhar a este propósito.

1.4 Limites da Ciência

É incontestável que a ciência ainda não conseguiu dar resposta, pelo menos cabal, a algumas preocupações públicas nacionais e internacionais relevantes, para as quais o seu contributo é imprescindível; falamos de temas tão pertinentes quanto desafiantes como por exemplo a saúde, ambiente, paz, crescimento populacional ou espaço³⁸. Mas

democrático. E por outro lado, um tecido empresarial que não recorra a sofisticados processos e infraestruturas de natureza científica e tecnológica.

³⁸ Detendo-nos apenas no tema da saúde humana, retomemos o exemplo citado sobre o actual surto de ébola, vírus para o qual a ciência ainda não foi capaz de apresentar uma solução preventiva ou tratamento. Hoje mesmo os meios de comunicação social dão conta nos seus blocos noticiosos de que dois médicos norte-americanos, infectados com o vírus na Libéria onde se encontravam a tratar doentes com a febre hemorrágica causada por este vírus e entretanto transportados para o seu país sob fortes medidas de controlo da doença, estão a ser alvo de tratamento com um fármaco experimental (que apesar de existir há algum tempo ainda não havia sido testado em humanos), e cuja utilização foi excepcionalmente autorizada pela Agência Americana do Medicamento – FDA (*Food and Drug Administration*) –, dada a situação limite em que ambos os pacientes se encontram. É também do domínio público que ambos estão a reagir até ao momento positivamente ao tratamento inovador, apresentando melhorias do seu estado clínico. O que tem despertado uma esperança pública neste fármaco (manufacturado a partir de folhas de tabaco modificadas, que demoram semanas a crescer) como possível cura para esta doença (cf. Programa *Edição da Manhã* da estação televisiva Sic Notícias, de 6 de Agosto de 2014; U.S. Food and Drug Administration – <http://www.fda.gov/> [consultada em 6 de Agosto de 2014]). Todavia, o director do Instituto Nacional de Alergia e Doenças Infecciosas – NIAID (*National Institute of Allergy and Infectious Diseases*) – <http://www.niaid.nih.gov/Pages/default.aspx> [consultada em 6 de Agosto de 2014], Anthony Fauci, já fez saber que é prematuro considerar esta droga particularmente promissora, porquanto os testes em animais são muito pobres e o seu uso em humanos restringe-se a estes dois casos apenas, pacientes que estão ainda em tratamento, embora aparentemente com efeitos favoráveis. Para mais informações, ver: <http://www.niaid.nih.gov/Pages/default.aspx>.

Mas são igualmente exemplo, a prevenção e cura de doenças do foro oncológico; onde já se registam, apesar de tudo, progressos científicos notáveis – de que são exemplo a vacina de prevenção contra o vírus do Papiloma Humano (HPV), que apresenta algumas estirpes que estão na génese de muitos dos casos de cancro do colo útero registados; as elevadas taxas de tratamento com sucesso de variadíssimos tipos de tumores malignos se detectados em fases precoces da doença; e ainda a longevidade de muitos doentes que conseguem viver períodos consideráveis com a doença, com relativa qualidade de vida, mesmo que não curados (de resto, algumas correntes actuais apontam mais para

uma visão alargada da ciência implica que atentemos para a natureza da sua acção e dos seus objectivos, por um lado e, por outro, também para os seus limites.

Os limites da ciência remetem-nos para condicionalismos intrínsecos ou metodológicos, fronteiras do conhecimento e limitações de ordem técnica ou económica³⁹.

Por condicionalismos intrínsecos entende-se a alegada incapacidade humana de compreender tudo o que desejavelmente gostaríamos, ou eventuais desajustamentos do método científico. Os limites da ciência associados à pretensa exaustão de algumas áreas científicas mereceram alguma reflexão por parte da comunidade científica. A história da ciência mostra-nos que, com efeito, algumas áreas científicas apresentaram períodos de alguma estagnação, mas tais foram profundamente abalados por transformações imprevisíveis. A ciência tem demonstrado ser pródiga a oferecer-nos futuros com que não sonhávamos e, outras vezes, limites inesperados; no fundo, o mesmo será dizer que está sempre a propor-nos novos futuros e a eliminar não só passado e presente mas também *velhos futuros*. E é neste sentido que muitos defendem que enquanto houver homem haverá ciência, porquanto o progresso do conhecimento abre igualmente os horizontes do desconhecido e revela novos contornos da nossa ignorância.

Os limites à ciência e ao desenvolvimento tecnológico conhecem também constrangimentos de natureza económica, já que o empreendimento científico e tecnológico requer avultados investimentos em pessoal e equipamentos. Não é possível fazer investigação avançada sem instrumentação precisa de última geração, e vivemos dias de permanente actualização de equipamentos crescentemente sensíveis e precisos, operando por essa via uma rápida desactualização dos existentes. Neste sentido, tem-se procurado colmatar esta limitação de natureza financeira, com as instituições científicas a fazer um esforço por aumentar a sua produtividade científica⁴⁰, com a finalidade de captar financiamentos, públicos e privados, e também a fazer a aposta em estratégias de

desenvolvimentos no sentido de a doença oncológica vir a tornar-se uma doença crónica – tal como a diabetes, a hipertensão ou doenças do foro respiratório como a asma – e não tanto uma doença curável em todos os casos), entre tantos outros casos que poderíamos apresentar. Para mais, detalhes, v. por exemplo, “Cancro está a deixar de ser ‘incurável’ para passar a ser “doença crónica”, em *Revista Visão*, (disponível em: <http://visao.sapo.pt/cancro-esta-a-deixar-de-ser-incuravel-para-passar-a-doenca-cronica=f774425> [consultado em 31/08/2014]), e em Diário de Notícias (disponível em: http://www.dn.pt/inicio/portugal/interior.aspx?content_id=3776801 [consultado em 31/08/2014]).

³⁹ Como discutido em Bernardo, 2013.

⁴⁰ Medida pelo número e pela qualidade das suas publicações científicas e patentes.

auto-sustentabilidade através da comercialização de inovações tecnológicas numa estreita relação com os agentes económicos.

À semelhança do que acontece com qualquer actividade humana, a ciência é condicionada pelas circunstâncias e pelos agentes que a permeiam. Mas, baseando-se na clareza de objectivos e métodos, tal permite-lhe, por um lado, menor permeabilidade a influências externas que a verificada noutras actividades humanas e, por outro, maior controlo de fenómenos de fraude que os mecanismos de auto-controlo têm permitido detectar e corrigir⁴¹.

Mas sejam quais forem os condicionamentos com que a ciência se depare, em última instância estará apenas circunscrita aos limites da própria curiosidade humana⁴², da nossa criatividade e empenho em continuar a desvendar os inesgotáveis segredos do mundo em que vivemos. A relação entre sociedade e ciência sempre foi pautada por novos e desafiantes problemas, e continuará a sê-lo no futuro com questões de maior complexidade. O poder político toma as suas decisões cada vez mais baseadas em conhecimentos científicos e os cidadãos⁴³ são chamados a pronunciar-se sobre matérias de importância global. A crescente intervenção da ciência na sociedade, mas também da sociedade na ciência, deverá conduzir-nos a uma aproximação entre ciência e sociedade, numa postura de diálogo entre comunidade científica e comunidade civil, na procura de consensos alargados e decisões com vista à resolução desses problemas.

1.5 Financiamento da ciência

Os países que têm apostado na actividade científica e no desenvolvimento tecnológico como objectivos essenciais subjacentes ao seu progresso, têm registado índices mais elevados de desenvolvimento material, humano e social. De tal forma, que actualmente se configura quase uma banalidade afirmar que o progresso das sociedades humanas se

⁴¹ Bernardo, 2013.

⁴² Que segundo João Caraça *importa motivar, já que se trata de uma poderosa semente do espírito crítico que está na base de todo o edifício da modernidade* (2001).

⁴³ Que apenas detendo bases científicas poderão estar em condições de entender, discutir e influenciar os debates para que são convocados e, em última, as decisões políticas que daí advenham. Nas palavras de João Caraça, “*A necessidade de divulgar os resultados e outros acontecimentos científicos, bem como de tornar conhecidas do público as opiniões e as interrogações dos cientistas, a necessidade de avaliar os impactos dos grandes projectos científicos em termos das suas implicações futuras são reais, prementes e sérias. A opinião pública, os segmentos especializados da população, os actores e os agentes económicos e políticos não se podem alhear nem alienar das grandes questões da ciência, para a ciência, envolvendo a ciência.*” (2001: 114).

enquadra num contexto de desenvolvimento científico e tecnológico. Não obstante, a concretização de orientações nacionais que permitam o desenvolvimento científico e tecnológico das nações tem sido pautado por condicionalismos mais ou menos complexos, de natureza diversa – desde logo, limitações de ordem económica, mas também estratégica e política⁴⁴.

No final do século XIX, as tecnologias necessárias ao desenvolvimento de grandes empresas públicas e privadas impulsionaram uma relação forte entre a actividade científica e a actividade económica. Começou então a assistir-se a uma interacção com vantagens para ambas, e que viria a ter fortes implicações no desenvolvimento científico e tecnológico que se sucedeu. De tal forma que, a partir da segunda metade do século XX, o esforço de crescimento económico empreendido pelas grandes empresas não mais foi alheio à ciência e a tecnologia como factor estratégico imprescindível de oportunidades e realidades de sucesso. Noutro sentido, o campo militar serviu igualmente de mola impulsionadora do desenvolvimento científico e tecnológico, sendo a II Guerra Mundial e a Guerra Fria dois exemplos flagrantes disso, com a ciência e da tecnologia a surgirem como factores estratégicos de defesa e de soberania das nações e com o seu estatuto a ser reconhecido como assunto importante a considerar nas agendas políticas⁴⁵.

Donde, decorrente da necessidade de criar sectores estratégicos de desenvolvimento das suas economias, de promover a investigação para fins militares, e de assegurar os recursos capazes de assegurar tais desenvolvimentos, os governos dos países industrializados começaram a alocar de forma crescente parte dos seus recursos financeiros ao desenvolvimento científico e tecnológico.

As actividades de investigação e desenvolvimento começaram assim a ser financiadas no sentido da sua expansão, no âmbito de políticas científicas criadas para o efeito. Sendo o financiamento das instituições científicas – públicas e privadas –, um aspecto de importância vital ainda nos nossos dias, ou talvez como nunca, pelas suas implicações no desenvolvimento das sociedades humanas contemporâneas, caracterizadas por uma economia global, crescentemente complexa e dependente de um forte dispositivo de base científica e tecnológica (que possibilita, nomeadamente, a elevada rede comunicacional em que operamos). É nesse sentido, pois, que Luís Bernardo defende que,

⁴⁴ Cf. Bernardo, *op. cit.*

⁴⁵ Caraça, 2001, p.127 e ss.

aos governos cabe a responsabilidade de promover o desenvolvimento científico através de investimentos directos ou da criação de incentivos e benefícios para as instituições que trabalharem nesse sentido e de promover, através do ensino e da divulgação, uma base social alargada que apoie, responsável e permanentemente, essas políticas (2003: 40).

Nos países mais desenvolvidos o investimento em Investigação e Desenvolvimento (I&D) chega a atingir valores na ordem dos 3% do seu Produto Interno Bruto (PIB) anual⁴⁶. É o caso dos Estados Unidos da América (EUA), que são, de resto, um exemplo paradigmático⁴⁷, na medida em que, sendo um país que em meados do século XIX tinha uma actividade científica despicienda, nos nossos dias é a maior potência científica do planeta. É crível que se deva ao facto de o governo norte-americano cedo ter percebido a importância do conhecimento como base de desenvolvimento sustentado da sua economia; e ter apostado em políticas científicas claramente focadas, por um lado, no desenvolvimento científico e tecnológico e, por outro, num sistema de ensino (geral e científico) de suporte ao conhecimento que uma sociedade de base científica e tecnológica pressupõe. Noutro sentido, parece igualmente relevante a política de abertura que a sociedade norte-americana sempre fomentou na colaboração científica, nomeadamente através do acolhimento de recursos humanos científicos de outros países, com importantes vantagens para todos⁴⁸. Os EUA, efectivamente, fomentam como poucos outros países, parcerias com universidades e centros de investigação estrangeiros, e acolhem com todas as condições de trabalho estudantes e cientistas de outras nacionalidades, muitos dos quais encontram motivos fortes para continuar a desenvolver a sua carreira científica naquele país com condições que dificilmente encontrariam no seu país, ou ficar de alguma forma ligados às instituições norte-americanas por que passam⁴⁹.

⁴⁶ Ou seja, 3% do total da sua criação anual de riqueza destina-se a financiar actividades de investigação científica e de desenvolvimento experimental.

⁴⁷ Como discutido em Bernardo, *op. cit.*, p.40 e ss.

⁴⁸ Numa atitude que, parece-nos, reforça com vantagem óbvia o carácter cosmopolita da ciência e o princípio da sua universalidade.

⁴⁹ A este propósito, ocorre-nos a importância das relações informais e das parcerias institucionais entretanto criadas entre universidades portuguesas e norte-americanas. Foquemo-nos, a título de exemplo, no caso do Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa (IST/UTL) e da *Carnegie Mellon University* (para mais detalhes, ver <http://www.cmuportugal.org/> e <https://tecnico.ulisboa.pt/en/about-IST/global-cooperation/CMU/>) e, num caso que nos é próximo, de uma amiga e colega do IN+/IST/UTL, Inês Lima Azevedo, entre tantos outros de enorme sucesso e mérito que poderíamos mencionar.

Novas teorias do crescimento económico⁵⁰ destacam o papel do conhecimento no desenvolvimento económico das sociedades contemporâneas. Estas teorias enfatizam o facto de as economias modernas produzirem cada vez mais bens intangíveis e de o aumento da quantidade da força de trabalho ou o reforço do capital não serem, por si só, suficientes para impulsionar o desenvolvimento económico. O conhecimento tem vindo, assim, a assumir uma importância crescente e um papel central no desenvolvimento económico. Sendo reconhecido que os bens intangíveis são de importância fulcral para as economias dos países industrializados, ombreado com a importância de factores como o capital ou a inovação tecnológica⁵¹.

Todavia, a importância do conhecimento é salientada não apenas ao nível das organizações económicas⁵² – nomeadamente nos países da OCDE, onde os sectores baseados no conhecimento têm adquirido relevância –, mas também na aposta crescente em investigação e desenvolvimento (I&D). Neste sentido, o investimento em I&D é entendido como crítico para as nações que esperam beneficiar dos retornos sociais da investigação em áreas específicas como a Saúde, ou pelo sector privado como parte do esforço para manter elevados níveis de competitividade em mercados cada vez mais globais.

1.6 Contributos da Sociologia da Ciência

Propomos nos parágrafos seguintes uma breve análise sobre os principais contributos da Sociologia da Ciência para a compreensão da especificidade da actividade científica e da natureza da relação entre ciência e sociedade.

A Sociologia da Ciência surge com Robert Merton⁵³, e esse é um facto incontestado tanto pelos seus seguidores como pelos que se lhe opõem. Após vários anos de dedicação à análise científica nesta área, Merton sentiu dificuldades em motivar outros investigadores a fazer idêntico trabalho, de tal forma que, em 1952, prognostica

Concluído com sucesso o seu doutoramento, Inês Azevedo foi convidada a ficar ligada à universidade norte-americana, quer como docente quer como investigadora, dirigindo um centro de investigação entretanto criado na sua área científica – o *Climate and Energy Decision Making Center*. Cf. <http://cedmcenter.org/> [consultado em 12 de Agosto de 2014].

⁵⁰ Para mais detalhes, ver Aghion e Howitt, 1998; Romer, 1990, 1986.

⁵¹ A qual, de resto, está também fortemente correlacionada com conhecimento.

⁵² Permitindo-lhes desenvolver actividades de elevado valor acrescentado e aumentar a sua capacidade competitiva.

⁵³ Em *Ciência, Tecnologia e Sociedade em Inglaterra no Século XVII*, originalmente publicada em 1938, Merton analisa sociologicamente a forma como a ciência é influenciada pela sociedade, sendo consensual que esta obra marca o início da Sociologia da Ciência (Merton, 1970).

que a sociologia da ciência só se desenvolveria quando a ciência ela própria constituísse um problema social (Merton, 1973). De facto, é a partir da década de 1960 que a ciência assume uma maior visibilidade na vida e consciências sociais, possibilitada por sociedades com crescentes dinâmicas de incorporação de aquisições científicas e tecnológicas e consequentes impactos sociais (Costa, 1996).

A Sociologia da Ciência ganha deste modo um fôlego sem precedentes, passando a fazer parte da agenda pública enquanto fenómeno social⁵⁴. Desde então, surgiram diversas correntes de pensamento no plano das relações entre ciência e sociedade – umas reconstruindo os princípios conceptuais da ciência de Merton, outras contestando-os energicamente.

Analisemos então as principais linhas estruturantes dos estudos sociais sobre ciência e, de modo lato, das análises das relações entre ciência e sociedade. A dinâmica gerada neste campo científico nas últimas décadas conduziu a várias perspectivas, mas genericamente o campo de possibilidades organiza-se à volta de três pólos: empirista/positivista, racionalista/realista e relativista/construtivista⁵⁵.

O pólo empirista/positivista⁵⁶ é, desde há muito, considerado pela comunidade científica um regime de conhecimento controverso, por motivos que desenvolveremos adiante.

O racionalismo/realismo e o relativismo/construtivismo são perspectivas alternativas, por demarcação face ao primeiro pólo, na forma de produzir conhecimento científico. Naquelas perspectivas, os observados não são autónomos de teorias prévias, isto é, não há conhecimento científico que não esteja impregnado de teoria. Defendem pois que não há enunciados observacionais *puros*. A ideia de que todos os enunciados cognitivos estão impregnados de teoria⁵⁷, é uma posição contrária à do empirismo, para

⁵⁴ Actualmente, pensamos poder afirmar que a Sociologia da Ciência analisa os modos de produção do conhecimento, estudando a ciência enquanto fenómeno social. A ciência é um elemento fundamental das sociedades actuais, já que dela dependem as capacidades de inovação tecnológica imprescindíveis ao desenvolvimento económico e social das sociedades. A ciência e a tecnologia estão intrinsecamente ligadas aos modos de vida quotidiana, seja por via dos bens e equipamentos, seja pelas práticas culturais, entre outras (Costa e al., 2002). Tendo a ciência um papel potenciador do desenvolvimento do país (Soares, 1992), e sendo a ciência um fenómeno social, justifica-se a pertinência do seu estudo sociológico. Tanto mais que só o conhecimento e o debate alargado sobre a ciência em Portugal pode tornar insustentável o atraso científico português (Gago, 1990).

⁵⁵ Apesar de a discussão girar em torno destes três regimes de cientificidade, isso não significa que estejamos a falar de regimes estanques, de tal modo que se tem assistido a sucessivas demarcações e desdobramentos de perspectivas.

⁵⁶ Que defende a impossibilidade de se estudar cientificamente o social, já que a realidade social não apresenta a estabilidade necessária à *démarche* dita científica.

⁵⁷ Os enunciados mais simples serão os do senso-comum e os mais elaborados a teoria.

quem a empiria não está afectada por teorias, donde advém justamente, argumentam, a validade dos seus enunciados.

Outra ideia que choca com o empirismo é a de que os enunciados não se resumem ao directamente observado (por exemplo, em Sociologia, as estruturas sociais não são directamente observáveis). O racionalismo está associado à ideia da possibilidade de conhecer o não observado e de que essa realidade é em muitos casos fundamental para a compreensão dos fenómenos.

Ainda outra demarcação face ao empirismo prende-se com o papel do observador face à realidade. Para os empiristas, o sujeito conhecedor tem um papel inerte face à realidade (para quem, como vimos, não está afectada por teoria). Contrariamente, os racionalistas/realistas e, em particular, os relativistas-construtivistas sublinham justamente o papel activo do observador. Enquanto que para os primeiros um enunciado é determinado em parte pelo sujeito conhecedor, para os segundos o conhecimento não tem marcas do objecto do conhecimento, sendo a realidade toda construída pelas pessoas – que a inventam, constroem.

Uma fatia considerável dos defensores da perspectiva relativista-construtivista tem vindo a desenvolver as suas análises focando-se na observação sociológica das práticas dos cientistas e nos processos de produção de conhecimento científico, e também centrando-se na análise de controvérsias epistemológicas. Sendo possível que a não clarificação de argumentos distintos como os de natureza sociológica e epistemológica constitua um aspecto de fragilidade desta perspectiva. Todavia, a compreensão sociológica da ciência é seguramente reforçada pela panóplia de instrumentos de análise e estratégias de pesquisa observacionais dos agentes, contextos e produtos científicos (Martinez et al., 1994), de que são exemplo, as análises de controvérsias científicas ou os estudos de laboratório.

As análises sociais da ciência relativistas-construtivistas, com grande desenvolvimento nos anos 1980 e 1990, têm sido criticadas (nomeadamente por Bourdieu, 1990, Costa, 1996 e Costa *et al.*, 2000) em críticas que procuram evidenciar não só as suas incoerências conceptuais mas também as limitações analíticas.

No plano sociológico, temos nomeadamente Pierre Bourdieu, para quem aquela perspectiva analítica é coerente apenas na abordagem de aspectos que Merton e ele próprio já haviam analisado, não fazendo muito sentido quando se referem a aspectos considerados inovadores da sua análise (Bourdieu, 1990). Para Bourdieu, o facto de a perspectiva relativista-construtivista defender que os enunciados científicos são *só*

manifestações dos agentes sociais na acção significa a auto-aniquilação, pelo que questiona esta perspectiva.

Se para Merton a actividade científica é uma actividade social (com sistema de normas e recompensas como em qualquer outra actividade social), para Bourdieu a actividade científica é uma actividade social onde existe uma grande relação de forças, à semelhança do que acontece noutros campos sociais – a ideia subjacente é a de que uns indivíduos têm mais capital que outros. Enquanto para Merton se trata da questão da acumulação do reconhecimento pelos pares, para Bourdieu é uma questão de acumulação de credibilidade científica⁵⁸.

Assim, o posicionamento analítico de Pierre Bourdieu é o de uma dupla ruptura: com Merton e com os autores relativistas-constitutivistas⁵⁹ (Bourdieu, 2001). Do primeiro critica o que julga ser uma visão demasiado normativa. Em relação aos segundos, critica o que considera ser uma socialização radical da ciência.

Pierre Bourdieu partilha com Merton e com os relativistas-constitutivistas a ideia da não existência de dogmas, mas a perspectiva relativista-constitutivista preocupa-o na medida em que esta nova sociologia da ciência que se seguiu a Merton pode significar a inverossimilidade da própria ciência, já que decompõe a noção do enunciado cognitivo superior aos contextos, afirmando que não há nenhum critério de objectividade transituacional (como vimos, para o relativismo-constitutivismo, todos os enunciados são apenas manifestações dos agentes sociais na acção, só discursos e locais – feitos com o objectivo de superar os pares⁶⁰).

Segundo Bourdieu a sociologia deverá centrar a sua análise na ciência enquanto relações sociais de dominação e de assimetria (campo com relações de forças assimétricas), já que o mundo científico é um campo de lutas, é um campo social, mas

⁵⁸ Curiosamente, se repararmos na demarcação entre autores verificamos que por vezes essa demarcação é mais terminológica do que propriamente substantiva (Martinez et al., 1996). Verifiquemos por exemplo o caso destes dois autores – Bourdieu e Merton, em que no primeiro temos a ideia de processos de acumulação diferencial de recursos e poderes, profundamente estruturadores da estratificação do campo científico, os quais num texto de Merton (1988) surgem sob a designação de *Efeito de Mateus*, em que o autor afirma que os sistemas de recompensas no mundo científico têm tendência para funcionar estruturalmente de modo a auto-reforçar-se – positiva e negativamente –, ou seja, o capital de reconhecimento científico pelos pares conseguido tendencialmente aumenta, do mesmo modo que a sua carência poderá tender a acentuar-se.

⁵⁹ Thomas Kuhn, autor com um longo percurso na reflexão epistemológica, e uma das figuras de maior destaque na Sociologia da Ciência a seguir a Robert Merton, viria a influenciar a partir da década de 60, com a sua proposta analítica das lógicas socioculturais e sociocognitivas das comunidades e práticas científicas, todo um conjunto da linha relativista-constitutivista (Kuhn, 2009 [1962]).

⁶⁰ Segundo Ziman *aquilo que conta como conhecimento, num dado momento, é obviamente influenciado pelo modo como a investigação é organizada, por quem está envolvido nela, pelo que aqueles que a fazem pensam que estão a fazer, por aquilo que é considerado um bom trabalho, e por outras considerações semelhantes* (1999:441).

não é um campo social como os outros. Se é verdade que todos os campos são gerais, também o é que todos têm especificidades. Assim, as especificidades do campo da ciência têm a ver com o *habitus* ligado a uma actividade científica desenvolvida por pessoas com processos de socialização e práticas continuadas, incorporadas, não imediatas. Por outras palavras, a actividade científica tem a particularidade de ser desencadeada por indivíduos com hábitos científicos longamente treinados (como acontece noutros campos), através da socialização no campo social, conduzindo a disposições criadas ao longo do tempo. Assim, no realismo-construtivismo parece existir uma contextualização radical da ciência, negando-se a comensurabilidade e cumulatividade do conhecimento.

De acordo com a perspectiva racionalista, no que poderíamos designar por um *racionalismo sociológico*, defende-se a ideia de que o conhecimento científico tem a ver com o observador mas também com a sociedade. Ou seja, não será produto exclusivo dos quadros cognitivos do sujeito conhecedor, uma vez que a actividade científica é ela própria uma actividade social sendo, portanto, realizada em determinados contextos sociais, segundo processos sociais e por protagonistas sociais e com impactos sociais. A este propósito são de referir os trabalhos de José Madureira Pinto (1994, 2001), em que, numa perspectiva contrária à relativista-construtivista, o autor desenvolve uma análise sociológica e epistemológica da ciência no sentido de que esta é uma prática social, desenvolvida em contexto social, por agentes sociais, através de processos sociais e cujos resultados têm consequências sociais, perspectiva que segundo o autor deverá ajudar a alcançar crescentes níveis de racionalidade, objectividade e responsabilidade na actividade científica.

Sendo a actividade científica uma prática social, e uma prática social diferente das outras, a análise sociológica deve dar conta do comum e também da especificidade da instituição ciência, cujo objectivo é produzir conhecimento validado.

Assim, para Madureira Pinto, o relativismo/construtivismo ao não dar conta da realidade social específica da ciência, mas tão-somente do geral, faz apenas meio trabalho.

A principal especificidade da actividade científica tem a ver com os seus resultados, na medida em que é uma construção social capaz de enunciar resultados cognitivos que transcendem a situação, por causa do controlo cruzado. As regras do campo científico envolvem um confronto permanente, sendo os resultados da sua actividade sujeitos à prova dos pares, por vias de regras partilhadas de confrontação. A

ideia subjacente é a de que não existem verdades absolutas e nada está definitivamente adquirido, deve sempre ser testado por terceiros. Todavia, esta objectividade sendo precária, não é nula. Ou seja, a objectividade deverá permitir a validação (ainda que provisória) sobre um determinado conhecimento (validável), já que a redução da objectividade à intersubjectividade, por parte da perspectiva relativista, é auto-destrutiva (Gil, 1999).

1.7 A ciência tal qual se faz

A expressão *a ciência tal qual se faz*, expectavelmente, remete para o *fazer da ciência*. O objectivo que lhe está subjacente é, pois, o de *dar a conhecer por dentro os procedimentos da ciência* (Gil, 1999). Segundo Ladrière, as práticas das comunidades científicas não são *observáveis senão no interior do seu próprio movimento* (1999).

Nos nossos dias, a ciência goza de aceitação e apoio de muitos sectores das sociedades onde se insere, mas é também alvo de rejeição por parte de outros. A sociologia, partindo de uma perspectiva que não se assume favorável a nenhum dos movimentos – pró ou anti-ciência –, tem procurado dar o seu contributo para a análise da ciência no contexto das dinâmicas das sociedades contemporâneas (Ávila, 1998).

O estudo sociológico das práticas quotidianas humanas (em que as científicas se incluem, como vimos) remete-nos, como analisado no capítulo 5, para uma abordagem etnometodológica. Nestes termos, importam conhecer os protocolos através dos quais o trabalho de um cientista ou de uma equipa de cientistas fica apto ao escrutínio dos pares. Ou seja, os processos que lhe fornecem identidade e certificação científicas. Mas esta é uma análise que *vai além da ciência como conhecimento*, devendo incluir as dimensões *materiais, sociais, e temporais da ciência* (Lynch e McNally, 1999).

A sociologia da ciência contemporânea integra nas suas análises, os designados *estudos de laboratório*⁶¹. De que é exemplo o estudo desenvolvido por Martinez, Ávila e Costa (1994), *A tensão superficial: ciência e organização num centro de investigação científica*. Esta pesquisa sociológica, realizada num centro de investigação em Química e Biologia, conjugou a observação etnográfica com análise documental, inquéritos por questionário e entrevistas. Assumindo uma abordagem que os autores designam como

⁶¹ Para mais estudos sociais sobre ciência, v. por exemplo, Knorr-Cetina, 1981, 1983; Jesuino *et al.*, 1995; Callon, 1989; Lynch, 1985.

uma *sociologia da ciência como prática social institucionalizada* (idem: 77), propuseram-se a uma *análise estrutural e interpretativa das relações sociais e dos padrões culturais envolvidos na constituição das unidades em que se faz ciência contemporânea* (idem). Particularmente focada nos processos sociais de tradução, nas redes sociais, nos modelos culturais e organizacionais que se constituem na interface entre as lógicas do campo científico e as das organizações⁶².

Trata-se, no fundo, de dar a conhecer a dimensão social da actividade científica, a partir dos locais onde se realiza, bem como trazer conhecimento sobre as especificidades da estrutura, organização e prática da ciência e as suas dinâmicas enquanto actividade feita por humanos e para humanos no contexto de sociedades espacial e temporalmente localizadas.

Os estudos sociais sobre ciência, pensados e desenvolvidos segundo esta perspectiva, revestem-se de grande importância, porquanto permitem conhecer as redes relacionais e os processos sociais que se estabelecem entre a ciência e a sociedade, tomando por base observacional privilegiada os locais onde *se faz ciência* (Ziman, 1980).

1.8 Ciência e sociedade

O debate em torno da relação entre a ciência e as sociedades em que é e para quem é criada, parece-nos assaz interessante e pertinente, particularmente se observada essa relação do ponto de vista da interdependência que a caracteriza e como se assume central no processo evolutivo das sociedades e da própria ciência.

Sendo a ciência uma actividade cognitiva humana, realizada por e para humanos (e os cientistas são homens e mulheres – seres sociais e socializados como os demais, fazendo portanto parte das sociedades em que vivem e trabalham), é admissível que tenha sido desde sempre, inevitavelmente, influenciada e condicionada pelas sociedades da época em que espacial e temporalmente se tem vindo a desenvolver, não só nas interrogações levantadas mas também nas soluções encontradas. Assim como será crível que essa relação entre ciência e sociedade se caracterize por uma reciprocidade, na

⁶² Para mais detalhes, v. Martinez, Ávila e Costa, 1994.

medida em que os conhecimentos científicos que a ciência permite alcançar podem também eles próprios influenciar o pensamento das sociedades em que se desenvolvem.

No fundo, tal como indicado por Caraça (2001), a ciência e as suas aplicações apresentam-se como recursos básicos para o desempenho económico e social das sociedades modernas, sendo simultaneamente impulsionadas e condicionadas pelos processos da sua utilização e difusão societal.

A ciência moderna, como vimos, surgiu na Europa durante o século XVII e apresenta uma abordagem inovadora de busca do conhecimento: a verificação metodológica e observacionalmente sustentada de hipóteses. Sendo apontada pelos seus pioneiros como modo de progresso material e cultural das sociedades humanas. Todavia, nem todos compreenderam e aceitaram a sua utilidade, tendo recebido aceitação relativa apenas em círculos restritos.

Durante o século XVIII, os instrumentos científicos suscitaram atitudes de fascínio nas sociedades da época; sendo apresentados de forma lúdica a audiências exteriores ao meio científico, encantaram-nas e proporcionaram a sua aceitação social. Assim, os conhecimentos científicos entretanto desenvolvidos estiveram na base do crescimento económico e de boa parte da transformação social ocorrida desde então, tornando-se elementos de base nas sociedades modernas.

A interacção entre ciência e sociedade ganhou importância sobretudo a partir do século XIX. Com efeito, crê-se que terá sido apenas a partir do final desse século que a ciência começou a estar associada de forma consistente à vida social e económica das sociedades humanas, desempenhando a partir daí um papel de inegável valor e incontornável relevo; sendo o crescente impacto da ciência na vida quotidiana de todos os cidadãos um reflexo da sua influência desde então nas sociedades desenvolvidas.

Com o seu surgimento, a ciência inicia um processo próprio de institucionalização (Caraça, 2001), que se deu em momentos diferentes em várias partes do mundo. A *institucionalização da ciência*, por sua vez, estimulou a *profissionalização da ciência*, criando novas exigências à educação científica, imprescindível ao exercício de novas profissões científicas (tema que retomaremos adiante). Tendo o século XX conhecido um alargamento sem precedentes da diversidade e quantidade de instituições científicas⁶³, fruto das crescentes implicações que à ciência e à tecnologia foram

⁶³ Dando-se uma expansão dos espaços próprios, organizados e formalizados nos quais a comunidade científica cria conhecimento no decurso da sua actividade profissional institucionalizada. E também de

atribuídas no que concerne ao desenvolvimento económico e social das comunidades humanas (Pereira, 2007).

O século XX foi palco de um enorme desenvolvimento em termos de conhecimentos científicos e das suas aplicações, nomeadamente das associadas ao desenvolvimento tecnológico. Mas foi também precisamente no início desse século que, pelo impacto social de algumas das suas aplicações militares, se desmitificou a ideia da *neutralidade da ciência*. Tornava-se então óbvio que a ciência permitia não apenas levantar questões e apresentar soluções, mas que a sua utilização podia igualmente levantar novas questões problemáticas e comportar riscos. Passando-se assim, de forma mais ou menos célere, de uma fase de deslumbramento com a ciência, que caracterizou o século XIX⁶⁴, para um estado de desconfiança e apreensão, em função da dureza da realidade que as aplicações bélicas⁶⁵ haviam potenciado aquando dos conflitos mundiais, dado a sua capacidade de destruição maciça (Caraça, 2001).

A ideia da ciência e do desenvolvimento tecnológico *imaculados*⁶⁶, exclusivamente como factores de progresso social e económico das sociedades, sofre o primeiro abalo aquando da Primeira Guerra Mundial (1914-1918), nomeadamente com o lançamento de gases venenosos e com os ataques aéreos levados a cabo. A Segunda Grande Guerra viria a abalar inevitavelmente esta concepção *imaculada* da ciência e do desenvolvimento tecnológico, sobretudo com os ataques nucleares perpetrados contra as

sociedades científicas disciplinares e de associações de difusão de cultura científica. Para mais detalhes, v. por exemplo, Caraça (2001: 83 e ss) e Conceição (2011).

⁶⁴ Em boa parte devido aos avanços na área da medicina que caracterizam este século, com a criação de meios de diagnóstico e de tratamento revolucionários, com efeitos práticos consideráveis no combate mais eficaz a muitas doenças que até então não tinha sido possível debelar de forma minimamente satisfatória. Falamos, por exemplo, da utilização bem-sucedida de transfusões sanguíneas (James Blundell, 1818) – que viriam a permitir salvar por exemplo muitas mulheres com hemorragias pós-parto; de desenvolvimentos notáveis na área da anestesiologia – baseada em éter (William Thomas Green Morton, 1846); ou de instrumentos de observação do interior do corpo humano vivo, como o endoscópio (com protótipos – ainda que sem essa designação – que remontam aos períodos grego e romano da Antiguidade e a Pompeia, mas cuja primeira observação do corpo humano vivo por via de um tubo que ele próprio criou é atribuída a Philip Bozzini – 1805). Para mais detalhes ver, por exemplo: Verger-Kuhnke, Reuter e Beccaria, 2007; Goerig e Wulf, 2013; Welck, Borg e Ellis, 2010; http://www.olympuslatinoamerica.com/portuguese/ola_aboutolympus_endo_port.asp [consultada em 05/08/2014].

⁶⁵ Ironicamente, o aperfeiçoamento e o desenvolvimento de novos e mais poderosos materiais bélicos, adveio justamente do clima social favorável que se vivia face ao progresso da ciência e ao desenvolvimento tecnológico.

⁶⁶ Caraça, 2001.

idades nipónicas de Hiroxima e Nagasáqui em 1945⁶⁷, consolidando o *desencantamento* e até desconfiança face ao progresso científico e tecnológico.

A política e a ciência viviam tempos de aparente promiscuidade⁶⁸, associada a factores de defesa e estratégia militar que, como vimos, trouxeram algum desprestígio e até descrédito à ciência⁶⁹. O aproveitamento político da ciência e da tecnologia foi, e continua a ser, uma realidade em muitos países, de regimes autoritários ou democráticos, que colocam a ciência e a tecnologia ao serviço da guerra⁷⁰. Ou mesmo o aproveitamento político da imagem de credibilidade da ciência e do método científico para fazer valer doutrinas pseudo-científicas⁷¹.

⁶⁷ Cujas estimativas apontam para um número total de vítimas mortais nas duas cidades que ascendeu a 220 mil em poucos segundos. Muitos mais viriam a perecer na sequência de doenças causadas pelo contacto com as radiações nucleares libertadas nos bombardeamentos.

⁶⁸ Bernardo, 2013.

⁶⁹ Porventura, mais assentes na falta de confiança no sistema político para planear e gerir questões de interesse geral, do que na natureza do conhecimento científico ou nas possibilidades que pode abrir em termos de progresso do conhecimento do mundo e do universo em que vivemos.

⁷⁰ Bernardo, 2013. Segundo o autor, *a ciência alemã acabou por transformar-se de novo* [na II Guerra Mundial, como havia sido no primeiro conflito mundial] *em propaganda política e doutrinação nacionalista, a que se juntaram a charlatanice e a barbárie. O que desqualificou a ciência não foi a sua introdução na cultura pangermanista, mas a sua aculturação, realizada por cientistas dominados por um nacionalismo fanático, que esqueceram ou conscientemente rejeitaram os valores da ciência universal.* Cf. p.34 e ss.

⁷¹ Sendo um dos casos mais paradigmáticos a doutrina “anti-judaísmo científico”, de que Adolf Hitler viria a tornar-se o expoente máximo em termos políticos. O “anti-semitismo” (expressão surgida na década de 70 do século XIX), tem o mesmo significado que “anti-judaísmo científico”, ou “racialista”, e remete-nos para uma doutrina assente no princípio da *raça*. Teoria segundo a qual o potencial inato das *raças* é o factor determinante da humanidade, potencial esse que degenera com o cruzamento com *raças inferiores*. Sendo que apenas a *raça branca é detentora das perfeições do ser humano – inteligência, beleza, talento e aptidão para criar a civilização*. Cf. Arthur de Gobineau (1855), *Essai sur l’Inégalité des Races Humaines*, citado por Léon Poliakov (1987), *Le Myte Aryen: essai sur les sources du racisme et des nationalismes*, Bruxelas, Éditions Complexe. Atribui-se a Arthur de Gobineau, ao preconizar diferenças entre as *raças* humanas (*brancas, amarelas e negras*), a criação de um dos mitos do racismo (que persiste até aos nossos dias): o da superioridade ariana.

Como discutido por Miedzianagora e Jofer, a doutrina racialista foi reforçada pela interpretação dita social-darwinista da selecção natural das espécies. Enunciando-se, a partir daí, princípios de protecção dos *melhores* e de destruição dos *inaptos*. Cf. Miedzianagora, G. e G. Jofer (1995), *Objectivo Extermínio*, Lisboa, Vega. Importante será ainda salientar que, longe de se tratarem de atitudes de importância secundária e escassa, as teorias racialistas constituíam uma crença largamente partilhada pelo pensamento europeu dos séculos XIX e XX, tanto mais que os métodos da ciência procuravam ser experimentais e quantitativos, gozando de credibilidade pública, e que essas teorias iam buscar os seus principais elementos constitutivos aos conhecimentos já estabelecidos (Poliakov, *op. cit.*, pp.289 e ss). A par disso, à época fazia-se a divisão das culturas e das civilizações entre *arianas* e *semitas*, sendo esta divisão era aceite de forma quase dogmática por todos os europeus cultos (Miedzianagora e Jofer, *op. cit.*). A teoria racialista apresentava-se então, de acordo a convicção dos seus adeptos, não como a enunciação de um conjunto de teses razoáveis mas com a força imbatível dos teoremas científicos e das leis da natureza. Em suma, tratava-se de *ciência*. E estabelecida que estava a *verdade teórica*, uma nova doutrina *científica* podia ter lugar : o anti-semitismo. *Nenhum trabalho de prova suplementar era exigido. Tudo estava provado* (Miedzianagora e Jofer, *op. cit.*, p.14).

Adolf Hitler, tornou-se também um adepto da verdade científica do anti-semitismo. Nas suas próprias palavras, *o anti-semitismo enquanto movimento político não pode nem deve ser determinado por elementos sentimentais, mas sim pelo conhecimento dos factos. Os factos são: primeiro o Judaísmo é absolutamente uma raça e não uma associação religiosa. (...) A sua acção [do Judaísmo] torna-se,*

O clima pós-guerra e a Guerra Fria (1945-1991) impulsionaram de forma decisiva e a um ritmo sem precedentes o progresso científico e tecnológico, passando este a fazer parte da estratégia económica, política e militar das nações, de que é exemplo maior e prova inequívoca a publicação, em 1945, do célebre relatório de Vannevar Bush⁷², *Science, the Endless Frontier*⁷³, no qual se preconiza um completo programa de desenvolvimento científico para o período pós-guerra.

A ciência faz-se, aplica-se e utiliza-se todos os dias em todo o mundo. Para o seu avanço trabalham centenas de milhares de trabalhadores (investigando, aplicando, ensinando, comunicando), cada vez mais especializados, no sentido de contribuir para a continuidade da *aventura do conhecimento humano* no futuro (Caraça, 2001). Uma ideia contemporânea acerca da ciência assenta, nos seguintes princípios (Cachapuz *et al.* 2002):

- A ciência é um empreendimento humano, cultural e socialmente contextualizado, perpassado por factores de natureza diversa, nomeadamente ética, económica e política;
- Os cientistas estudam um mundo do qual são parte integrante;
- O conhecimento científico não se arroga equiparado ou equiparável à *verdade absoluta*; atinge-se por tentativa e erro e apresenta um estatuto temporário;
- A observação, só por si, não pode dar origem a conhecimento científico, de uma forma indutivista simples. É orientada pela teoria resultante de conhecimento prévio;
- O conhecimento científico é um saber explicativo, progressivo e sujeito à crítica dos pares. A sua construção é um processo dinâmico, não

através das suas consequências, uma tuberculose para a raça dos povos (Adolf Hitler em Eberhard Jäckel e Axel Kuhn (eds.) (1980) *Sämtliche Aufzeichnungen 1905-1924*, Stuttgart, Deutsche Verlags-Anstalt, citado por Miedzianagora e Jofer, 1995: 15).

Na doutrina que Eugen Dühring havia publicado em 1881, na sua obra *A Questão Judaica Enquanto Questão de Raça, Costumes e Cultura. Com uma resposta histórico-mundial* (na qual se encontrava já realizado o estatuto *científico* do anti-semitismo e a assunção do movimento anti-semita como detentor de uma teoria *científica* de suporte), o filósofo e economista expunha que *o sentimento, o pensamento e o comportamento do homem estavam racialmente determinados e que as raças existentes deviam ser entendidas como sendo um dado natural inalterável. (...) o modo de proceder das ciências naturais é então pertinente neste caso*. Miedzianagora e Jofer, *op. cit.*, p.17. Todos os teóricos do anti-semitismo posteriores se basearam neste modelo de base de Dühring. Deste e de outros autores enriqueceu, sistematizou e reforçou Adolf Hitler as suas convicções anti-semitas, e levou a cabo a política de extermínio que o mundo conhece.

⁷² Director do Gabinete de Investigação Científica e Desenvolvimento, e Conselheiro Científico do então presidente do Estados Unidos da América, Franklin Delano Roosevelt.

⁷³ Para mais detalhes, consultar <https://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>.

definitivo ou absoluto. A predisposição, ou melhor, a condição inabalável, do empreendimento científico para a refutabilidade do seu saber é, aliás, uma das suas marcas distintivas;

- O consenso da comunidade científica tem um papel determinante na aceitação de teorias, leis ou factos científicos.

A ciência e a tecnologia são, nos nossos dias, reconhecidamente apontadas como factores imprescindíveis do progresso económico, financeiro, social e cultural das sociedades avançadas. São igualmente motivo de reacções de rejeição e contestação, cujos motivos, em última instância, se prenderão com uma deficiente compreensão do que é o empreendimento científico⁷⁴. Nas palavras de Luís Miguel Bernardo⁷⁵:

Quando uma sociedade exige à ciência que realize “milagres” com ferramentas intelectuais ou experimentais que não possui, demonstra não entender as limitações da ciência. Quando uma sociedade tem comportamentos irracionais, onde imperam a superstição e o obscurantismo, torna-se evidente que há uma deficiência de cultura científica. Só uma educação científica contínua e cuidada – tanto na escola como fora dela – poderá fazer alterar estes comportamentos. (...) Todos os cidadãos deverão possuir as bases científicas para as entender, discutir e influenciar [as decisões políticas com vista à resolução dos problemas das sociedades]. (...) A promoção da cultura científica no seio das classes mais desfavorecidas contribuirá, sobretudo, para uma maior democratização da ciência e a consciencialização de que os benefícios da investigação científica pertencem a todos e não apenas a alguns.

1.9 Compreensão pública da ciência

Muitas serão as questões que se podem levantar a propósito da relação entre ciência e sociedade, como vimos. Desde logo: i) para que serve a ciência?; ii) qual a importância da actividade científica no contexto das sociedades actuais?; ou, iii) por que razão é desejável que todos saibamos algo sobre ciência? A ciência mudou o mundo e continuará a fazê-lo; e ainda que não seja panaceia para os problemas do mundo, os benefícios advindos dos desenvolvimentos científicos e tecnológicos são indiscutíveis. Poucos empreendimentos humanos condicionarão a vida dos cidadãos dos nossos dias

⁷⁴ Como discutido em Bernardo, 2013.

⁷⁵ *Idem*, p.365.

como a ciência. Consequentemente, perante a evidência inegável do impacto⁷⁶ e da importância da ciência na vida dos cidadãos, não deverão subsistir dúvidas sobre a necessidade de difundir a actividade científica e de a tornar acessível a todos os cidadãos (Granado, 2001).

Numa sociedade democrática, é fundamental levar aos cidadãos conhecimentos sobre a ciência e tecnologia que invadem as suas vidas, e que crescentemente moldam o seu quotidiano e o seu futuro, permitindo-lhes que as compreendam, as vejam de uma forma crítica, que desenvolvam as ferramentas para o seu controlo social e que consigam fazer conscientemente as suas escolhas individuais. Existe pois a necessidade democrática de dar a ciência e a tecnologia a conhecer e de torná-las acessíveis ao maior número possível de pessoas⁷⁷.

A ciência desempenha um papel crucial nas sociedades actuais e, naturalmente, tal reflecte-se nas agendas políticas nacionais e internacionais. E ainda que ao conhecimento científico possa pretender associar-se independência face ao resto da sociedade na busca de um ideal de conhecimento *puro e isento*, não pode deixar de verificar-se um relacionamento próximo entre a comunidade científica e as instituições políticas e económicas e também a sociedade em geral. Não raras vezes um *facto científico* levanta questões de natureza diversa – moral, ética, política, económica... – e, sempre que tal sucede, a actividade científica passa a incorporar e a estar dependente de outras racionalidades que não somente a científica. Racionalidades que, discutidas no contexto de debates públicos, extravasam a comunidade científica e expressam pontos de vista de outros actores sociais interessados no assunto. Em termos concretos, tal significa reconhecer que a sociedade em geral avalia as implicações – vantagens e riscos – decorrentes de novos desenvolvimentos científicos e tecnológicos, ainda que não o faça dentro de uma lógica de racionalidade científica, como a comunidade científica, mas com base nas suas representações sociais da ciência. Neste sentido, é possível, e desejável, que a sociedade no seu conjunto debata e tenha voz sobre o *porquê, que e como se faz ciência*⁷⁸. Vivemos numa era em que não mais é possível assumir uma confiança automática na actividade científica, nos seus objectivos e nas suas implicações, mas sim num tempo em que toda a ciência é alvo de uma negociação pública alargada.

⁷⁶ Desejavelmente positivo.

⁷⁷ Como discutido, por exemplo, em Blok, 2007; Carrada, 2006; Lezan e Soneryd, 2007; Popli, 1999.

⁷⁸ Cf. *Joint Research Centre. The European Commission's in-house science service*: <http://www.jrc.es/home/report/english/articles/vol82/SCI2E826.htm> [consultado em 16/08/2014].

As relações entre ciência e sociedade têm vindo a mudar radicalmente, sendo que as decisões importantes que envolvem a actividade dos cientistas não mais dependem somente da comunidade científica ou de uma política estatal. Crescentemente, são resultado de um complexo processo negocial entre vários grupos sociais, a propósito do qual muitos querem ter uma palavra a dizer, incluindo políticos locais, nacionais e internacionais, empresas, meios de comunicação social e grupos de interesse e pressão⁷⁹.

A compreensão pública da ciência é crucial nas sociedades contemporâneas, não somente porque o conhecimento científico ajuda a formar cidadãos informados e com opiniões sustentadas, mas porque tal lhes possibilita a conversão das suas opiniões em formas significantes de exercício da sua cidadania (Gil, 2001).

Actualmente, a comunicação é considerada uma função estratégica na vida de qualquer organização do sistema social – incluindo as científicas –, na medida em que permite identificá-las, justifica a sua existência e permite ajudar a alcançar os objectivos de todos os sistemas: sobreviver, proteger-se, obter recursos e crescer. Donde, se até recentemente dar a ciência a conhecer ao público era opcional, hoje em dia é uma necessidade, a qual ninguém no mundo científico se pode permitir ignorar (Testa, 2000).

Os objectivos da comunicação e da divulgação científica têm vindo a ser associados à consciencialização, aproximação e conhecimento públicos da ciência. Salienta-se a importância: i) da promoção da divulgação sobre ciência (para reforçar as ideias e a consciência sobre ciência e tecnologia); ii) da educação científica (para aprender sobre os princípios, potencialidades e perigos da ciência e tecnologia); e iii) da prevenção da privação do conhecimento (para proteger o indivíduo de males causados pela falta de conhecimento (Van der Sanden e Meijman, 2008).

Tradicionalmente, a comunidade científica não premeia aqueles que se preocupam em divulgar a ciência e, por vezes, até menospreza os que se dedicam a essa actividade. E ainda que muitos cientistas aceitem sem problemas que têm a responsabilidade de divulgar a ciência que fazem, muitos outros consideram que apenas tem obrigação de a divulgar aos seus pares, através de publicações e reuniões científicas (Granado, 2001). Mas é fundamental não perder de vista que é a divulgação que

⁷⁹ De que são exemplo associações ambientais, grupos de pessoas portadoras de várias doenças ou comissões de cidadãos.

permitirá ajudar o público a envolver-se mais com a ciência e ainda a entusiasmar os mais novos a seguirem carreiras científicas.

A (re)construção de um clima de conhecimento e confiança entre ciência e sociedade, baseado num diálogo real e aberto, será o objectivo principal de uma política de comunicação pública da ciência. Dar visibilidade ao trabalho científico, dando-o a conhecer e apresentando as vantagens e os eventuais riscos da sua aplicação, é um aspecto fundamental deste processo. Por um lado, quanto mais visível a ciência for maior a facilidade em fazer-se ouvir, e, por outro, essa visibilidade deverá apelar ao consenso social tão alargado quando possível, por forma a obter ou manter o financiamento à prossecução da sua actividade. Não existindo uma relação directa automática entre o quão vantajosa uma causa objectivamente é para a sociedade e o consenso social que se gera em torno da mesma, tal requer uma comunicação intensa e eficaz dos seus objectivos, ou seja, o consenso social⁸⁰ trabalha-se, e é tão mais necessário de se alcançar quanto controversa e importante seja a natureza da matéria em discussão (Carrada, 2006).

Grande parte das actividades de comunicação de ciência tem subjacente a noção da chamada compreensão pública da ciência (CPU), em defesa do argumento de que todos os cidadãos deverão deter conhecimentos científicos e tecnológicos. Esta expressão tem rotulado todo o tipo de iniciativas⁸¹ destinadas ao grande público, e tem sido um objectivo explícito de programas, comités, fundações, agências e associações e instituições científicas em todos os países desenvolvidos. Segundo o seu princípio básico – conhecido como o *modelo deficitário*⁸², a origem das controvérsias públicas

⁸⁰ Note-se que o consenso social, ainda que alargado, raramente abarca toda uma sociedade. Quanto mais complexas, mais fracturantes as questões tendem a ser. E muitas das questões complexas actuais envolvem a actividade científica – de que é exemplo, o projecto o Genoma Humano (veja-se a este propósito, a intervenção do Professor Daniel Serrão na Assembleia da República, sob o título *O Genoma Humano na Perspectiva Internacional*, disponível em: <http://www.danielserrao.com/gca/index.php?id=121> [consultada em 14/08/2014]); cabendo muitas vezes a decisão final à classe política eleita e noutros à população através de sufrágio universal.

⁸¹ Museus, exposições, publicações, eventos, programas televisivos e radiofónicos...

⁸² Como discutido, nomeadamente, por Sturgis e Allum, 2004 ou Wilson, 1998. O *modelo deficitário* da compreensão pública da ciência pressupõe um público com deficiências ao nível do conhecimento científico, por contraponto a uma comunidade científica que dispõe dos conhecimentos de que o público deveria ter e não tem. Não é tarefa linear ou sequer consensual determinar o que os cidadãos devem saber sobre ciência e tecnologia, assim como não é fácil explicar alguns factos e procedimentos científicos mais complexos. Mas não é impossível. E nessa medida é possível descrever o que os cientistas fazem e como fazem, podendo dessa forma dar uma ideia da natureza e do valor do conhecimento científico.

sobre ciência e tecnologia deriva sobretudo das lacunas que os cidadãos apresentam relativamente aos conhecimentos, teorias e métodos científicos⁸³.

Como facilmente se compreenderá, a ideia não será a de transformar os cidadãos em peritos em ciência. O que, por motivos de natureza vária, seria irrealista e infrutífero. Desde logo porque o conhecimento de que já dispomos é imenso e continua a aumentar a uma velocidade elevada, o que inviabiliza que qualquer um de nós saiba tudo sobre tudo, ou sequer tudo sobre uma mesma área (mercê da especialização crescente, os cientistas lutam eles próprios por manter-se actualizados na sua área de actuação)⁸⁴. Depois, também porque é preciso pensar na disponibilidade e interesse que o cidadão comum terá em literar-se em ciência e tecnologia, e do esforço que está disposto a fazer nesse sentido.

As actividades de comunicação de ciência têm subjacente a ideia de que é bom para a sociedade que cada vez mais pessoas saibam mais sobre ciência. E assentam nos pressupostos de que: i) o conhecimento é, em si mesmo, algo positivo; ii) as pessoas, enquanto consumidoras, terão maior capacidade de tomar decisões pessoais inteligentes e informadas se tiverem mais conhecimento sobre ciência e tecnologia; e, iii) a estrutura de uma sociedade democrática depende da existência de cidadãos esclarecidos. Sendo o comportamento social e político dos cidadãos (nomeadamente através do exercício do direito de voto ou do activismo social, e, portanto, da sua capacidade de influenciar a agenda e as decisões políticas) mais construtivo para a sociedade se baseado numa sólida compreensão científica dos fenómenos (Trachtman, 1981).

Segundo Giovanni Carrada (2006), sempre existiram cientistas dedicados a disseminar o seu trabalho, sendo o pioneiro Galileu Galilei. O século XIX foi um dos

⁸³ De acordo com Edna F. Einsiedel, quando as controvérsias sobre ciência ocorrem, a opinião pública (em particular a de oposição) tem por base, normalmente, a ignorância sobre a matéria em discussão. Cf. Edna Einsiedel (2000), "Understanding 'publics' in the public understanding of science", em Mienolf Dierkes e Claudia von Grote (eds.), *Between Understanding and trust. The public, science and technology*, London, Routledge. No fundo, a ideia subjacente é a de que as controvérsias se resolveriam mais facilmente se os cidadãos soubessem mais sobre ciência e tecnologia. Pressupõe que disseminar conhecimento científico entre a população em geral pode ajudar o cidadão comum a compreender o valor do pensamento científico, a ter uma atitude racional face aos problemas, a fazer escolhas pessoais informadas, a participar em debates públicos e a formar uma opinião sustentada sobre eventuais soluções, e a ter capacidade de interpelar os vários intervenientes sociais e os decisores políticos, influenciando conscientemente as escolhas da sociedade. Segundo Carrada (2006), um dos maiores contributos culturais da ciência relaciona-se, precisamente, com o facto de se constituir como um reforço da democracia.

⁸⁴ O que nos leva a pensar que, irónica e paradoxalmente, o aumento do nível de conhecimentos de que dispomos nos coloca também num patamar mais elevado de ignorância face ao conhecido. O que poderíamos traduzir na ideia de *um crescente mundo ignorado dentro de um mundo conhecido cada vez maior*.

mais notórios a este propósito, e disso é exemplo maior Michael Faraday⁸⁵, ao descrever entusiasticamente, os últimos desenvolvimentos científicos durante cerca de vinte anos – entre 1826 e 1846 –, todas as sextas-feiras ao final do dia, na *The Royal Institution*⁸⁶. Porém, nem sempre essa vontade se manteve com o mesmo vigor. Com efeito, nas primeiras décadas do século XX o entusiasmo dos cientistas em popularizar a ciência já se encontrava em grande declínio. Tendo sido apenas nos anos de 1980 que se deu um ressurgimento em larga escala da procura de movimentos de aproximação entre ciência, tecnologia e público.

Nos nossos dias, os cientistas dos mais variados campos são crescentemente desafiados a apresentar o seu trabalho (explicando os objectivos e o significado da investigação que estão a desenvolver) e convocados a discutir trabalhos na sua área de investigação também fora do círculo restrito da comunidade científica, nomeadamente no âmbito de debates sobre o tema para grupos de interesse, de apresentação das suas ideias a instituições ou organizações potencialmente financiadoras ou no plano da informação ao público em geral. Ainda que de forma implícita, esta relação entre ciência e sociedade determina cada vez mais os objectos alvo de investigação científica, por via da permissão e do financiamento que lhes são concedidos (ou não). Nestes termos, a comunicação pública da ciência já não é somente a disseminação de conhecimento mas também um processo através do qual se produzem mensagens e potenciam atitudes e práticas aceites por todos.

A ciência desempenha um papel central na vida de todos os cidadãos e muitos são os que querem ter uma palavra a dizer⁸⁷. No sentido de manter uma voz de autoridade, a ciência tem de manter a confiança da sociedade, que se obtém através de compreensão mútua, por menos controversos que os factos sejam. A história mostra-nos como a confiança custa a ser ganha mas pode perder-se com relativa facilidade. Onde, esta é uma responsabilidade partilhada entre as instituições científicas e cada cientista individualmente.

⁸⁵ Célebre físico e químico inglês, Michael Faraday (1791-1867) é incontestavelmente um dos cientistas mais influentes de todos os tempos. Nome incontornável da História da Ciência, deixou-nos um importante legado científico, nomeadamente pelos contributos na área da electricidade e do magnetismo, e também pelo contributo para a evolução da química como ciência. Cf. *The Royal Institution*, em <http://www.rigb.org/our-history/michael-faraday> [consultado em 16/08/2014].

⁸⁶ Criada em 1799, com o objectivo de dar a conhecer as novas tecnologias e ensinar ciência ao público em geral. Para mais detalhes, ver <http://www.rigb.org/our-history> [consultado em 16/08/2014].

⁸⁷ Grupos de cidadãos com interesses diversos – em matérias específicas como a saúde, a defesa ou a segurança; instituições de defesa ambiental, entre muitos outros.

A comunicação pública da ciência que pode revestir-se de tipologias diversificadas: podem ser contribuições escritas e/ou orais, em programas televisivos radiofónicos ou na imprensa, dar assistência a uma exposição, criar e gerir sítios na internet, entre outras; com conteúdos científicos para públicos mais ou menos conhecedores.

O entusiasmo renovado em aproximar a ciência e a sociedade⁸⁸ deriva do facto de, nos nossos dias, a comunicação ser considerada uma função estratégica da esmagadora maioria das organizações sociais – científica incluída. Segundo Annamaria Testa (2000), tal permite-lhes ser identificadas, justificar a sua existência; ao mesmo tempo que as ajuda a alcançar consenso social e a atingir os objectivos a que se propõem todos os empreendimentos humanos: sobreviver, proteger-se, obter recursos e crescer.

A ciência e a tecnologia têm um papel fundamental em muitos aspectos da nossa vida e, em muitos casos, a prosperidade das sociedades modernas depende delas. E, nesse sentido, o reforço das vantagens que delas podem advir assenta numa conjuntura social favorável, que passa pela compreensão do alcance da ciência e da tecnologia por parte de quem detém posições de responsabilidade e da compreensão pública da ciência (Gregory e Miller, 1998).

O principal objectivo da ciência é o de produzir conhecimento sobre o mundo, sendo a sua validação feita através da própria comunidade científica. Mas a realização da actividade científica depende de um clima social favorável, que a compreenda, respeite e apoie⁸⁹. A comunicação pública da ciência pretende, assim, levar a ciência, enquanto modo de conhecimento, ao público, de uma forma clara, ajudando-o a conhecer melhor o mundo em que vive e a olhar os problemas que a humanidade enfrenta através dos olhos e dos métodos da ciência, num contributo importante para a democracia, para a qualidade de vida dos cidadãos e para o bem-estar de toda a sociedade (Granado, 2001). E é nesse sentido que o autor defende que faz parte dos deveres das instituições científicas e dos cientistas comunicar o resultado do seu trabalho ao público, que em última instância dele beneficia e o financia com os seus impostos e com a aquisição dos seus produtos e serviços. Devendo esta interacção ser encarada como uma importante ocupação do cientista preocupado com o papel da

⁸⁸ Que exige dos profissionais em ciência actuais, competências comunicacionais acrescidas, nomeadamente de capacidade de comunicação com os média e para públicos não especializados.

⁸⁹ Baseado na ideia de que quanto mais conhecimento as pessoas tiverem sobre ciência e tecnologia, sobre os seus métodos e importância na sua vida quotidiana, mais a valorizarão, respeitarão e apoiarão.

ciência e da tecnologia na comunidade em que se insere. Particularmente interessante é também a ideia defendida por Granado de que a divulgação do trabalho científico ao público permite, igualmente que o cientista: i) explore aspectos da relação entre a ciência e a sociedade que nem sempre fazem parte das suas preocupações quotidianas, levando-o a reflectir sobre questões como a relevância social do seu trabalho, as implicações sociais e os usos que lhe poderão ser dados, os custos e benefícios, os riscos e vantagens, e a relação do seu trabalho com outras áreas da vida – naquilo que se poderia considerar um reforço da consciência social dos seus direitos e responsabilidades e da sua própria cidadania; e ii) faça um esforço de simplificação do conteúdo técnico do seu trabalho, com previsíveis benefícios advindos desse exercício de depuração de elementos e de questionamento sobre o que é essencial e acessório para explicar um fenómeno ou hipótese.

Na era do conhecimento em que vivemos, não é apenas a ciência que tem de comunicar mais. Muitos são os produtos e serviços que competem pela atenção do público, e se por um lado existe uma panóplia de meios e formas de comunicar, por outro é requerida uma capacidade de se fazer notar, sendo crucial a atractividade da mensagem a veicular. A ideia inerente será a de tornar a mensagem apelativa, envidando sempre que possível esforços no sentido de abordar alguma necessidade humana fundamental e oferecendo informação útil à vida quotidiana de todos, numa lógica de que não é o público que tem de adquirir interesse pela ciência, mas a ciência que terá de se tornar ela própria interessante aos olhos do público. À ciência compete confrontar factos com a realidade, à comunicação pública despertar emoções; e nesse sentido à comunicação pública da ciência compete, primeiramente, identificar que emoções conquistarão o público e, depois, num esforço intelectualmente honesto, tentar captar a sua atenção e ganhar a sua confiança, criando sentimentos positivos que podem ser mais persuasivos do que a mera apresentação de factos científicos validados (Carrada, 2006).

A ciência é uma missão sem fim, porquanto cada conhecimento novo faz-nos repensar o que sabemos e as nossas acções, conduz-nos a novas escolhas e muitas vezes coloca-nos novas interrogações. A comunicação pública da ciência ajuda-nos, deste modo, a uma compreensão mais alargada, enquanto um todo, do que sabemos e do que acabámos de descobrir, estabelecendo pontes entre a comunidade científica e o público e actualizando continuamente as representações sociais em circulação. Mas tal implica que, por um lado, mantenhamos uma rotina de comunicação, através dos meios de

comunicação social ao dispor e da educação científica formal – através da qual se mantenha uma base de conhecimento e confiança mútuos – e, por outro, desenvolvamos a capacidade de discutir assuntos concretos em momentos de crise, como sejam epidemias ou questões de poluição ambiental prementes (Einsiedel, 2000).

Os conhecimentos científicos podem remeter-nos para pensamentos contra-intuitivos⁹⁰ (Carrada, 2006). Sendo por isso fundamental que a comunicação da ciência tenha isso presente, a par do facto de que o que se comunica às pessoas nunca é assimilado sem interacção com o que estas já sabem ou pensam sobre o assunto, nomeadamente as suas convicções, desconfianças, as suas experiências pessoais e o seu contexto cultural e social.

Deste modo, é crucial conhecer o público a quem se pretende dirigir a mensagem, conhecer as dificuldades que eventualmente poderá ter na percepção da mesma, e determinar os objectivos, os constrangimentos e as oportunidades da mensagem a transmitir⁹¹. Ignorar a quem nos vamos dirigir, pode significar a diferença entre a mensagem ser incompreendida, distorcida ou ignorada, ou compreendida e aceite. A apropriação de conhecimentos científicos por públicos não especializados não é de todo passiva⁹²; desconhecer ou desprezar as representações sociais em causa pode, portanto, desembocar numa mensagem mal-entendida – e, conseqüentemente numa comunicação que acaba por se revelar ineficaz, ou até mesmo, no pior cenário, de efeitos contrários ao pretendido (Einsiedel, 2000).

Regra geral, os cientistas são as pessoas mais qualificadas para fazer uma comunicação sobre ciência, na medida em que justamente apresentam a vantagem, face a outros comunicadores de ciência, de deter o conhecimento porquanto são quem o cria e não intermediários. Noutro sentido, podem apresentar a desvantagem de não

⁹⁰ Que não conseguem ser apreendidos pela simples observação dos fenómenos e, muitas vezes, sem relação aparente com a vida quotidiana.

⁹¹ Os públicos podem ser muito heterogéneos e ter interesses diversos em função de um conjunto vasto de factores, tais como a idade, o nível de conhecimentos prévios, as habilitações literárias, o nível sócioeconómico, entre outros. Deste modo, a cada audiência poderão corresponder conteúdos, meios e linguagem específicos.

Tornar a ciência inteligível nem sempre é uma tarefa fácil, no entanto, não é impossível. A ciência utiliza linguagens especializadas – como por exemplo a Matemática ou outras terminologias para se referir a conceitos ou processos potencialmente complexos. Por seu lado, a comunicação requer o uso de uma linguagem partilhada. Nesse sentido, uma comunicação pública da ciência deverá evitar termos técnicos ou explicá-los sempre que imprescindíveis à mensagem a transmitir, por mais que sejam de uso corrente na prática e linguagem científicas. A regra é explicar uma coisa de cada vez, partindo do que a audiência sabe, e seguindo uma linha de raciocínio adequada ao nível de entendimento da audiência. A ciência frequentemente lida com objectos que estão, pelo menos aparentemente, distantes das experiências da vida real de todos nós, pelo que antes da explicação, há que contextualizar estabelecendo uma ligação com as experiências e motivações do público (Carrada, 2006).

⁹² Mas sim orientada pelo senso comum com que se tenta responder a necessidades específicas.

(re)conhecer as dificuldades do público face a outros comunicadores de ciência, como por exemplo os jornalistas, que são auxiliados pela sua própria condição de não especialistas e tendem a conhecer melhor tais dificuldades. Se se pretende comunicar ciência à sociedade em geral, tal pressupõe a presença nos meios de comunicação social, porquanto são quem permite atingir o número mais elevado de cidadãos, e também porque é neles que o consenso e a credibilidade sociais dos vários empreendimentos humanos se constrói (ou destrói). Nesse sentido, parece imprescindível que os profissionais de comunicação sejam vistos como aliados, na medida em que podem ser fundamentais para ajudar a perceber como *ouvir a sociedade* – captar as suas convicções e interesses⁹³(Carrada, 2006).

Com efeito, de acordo o autor, se os cientistas se quiserem fazer entender num âmbito mais alargado que o da sua comunidade científica, deverão ter a capacidade de se colocar na pele dos públicos não especializados, prestando atenção ao nível, tempo e formas das suas explicações, e tendo sempre em mente os princípios básicos da clareza da explanação e da compreensão por parte de todos a quem a mensagem foi dirigida. A qualidade e o sucesso de uma comunicação – científica ou outra – depende enormemente da relação que se estabelece com a audiência, sendo uma comunicação eficaz caracterizada por um planeamento sério que engloba necessariamente duas etapas prévias: a da racionalidade (que ajuda a identificar as oportunidades e as limitações da comunicação), e a da habilidade de criar um diálogo com o público (imaginando qual será a sua reacção e adaptando-se a esse contexto) Em todas as civilizações humanas se contaram histórias; apresentando estas a capacidade de captar a nossa atenção e de nos ajudar a sedimentar ideias e conceitos. E nesse sentido comunicar ciência para o público pode significar conseguir saber como torná-la numa história, estimulante e inteligível (2006: 15 e ss.).

Na conferência de Lisboa de 2000⁹⁴, os líderes europeus propuseram-se tornar a Europa na sociedade e economia baseadas no conhecimento mais competitivas do

⁹³ Os cientistas tendem a ver os jornalistas como pessoas não especializadas na área que, não percebendo a natureza e o valor da ciência, não a transmitem de forma tão exacta quanto desejável. Por sua vez, os jornalistas não raras vezes atribuem aos cientistas falta de clareza nas suas exposições e incapacidade para tornar o seu trabalho mais interessante para públicos não especializados.

⁹⁴ Para mais detalhes, ver Presidência Portuguesa da União Europeia (2000), *European science beyond 2000 – employment, economic reforms and social cohesion towards a Europe based on innovation and knowledge*, Comunicações na Conferência “European Science Beyond 2000”, Lisboa, 7 de Março, Ministério da Ciência e da Tecnologia.

mundo⁹⁵. O défice de cultura científica na generalidade dos países mundiais – a que Portugal não é alheio⁹⁶ –, é uma questão reconhecida pelas mais diversas entidades mundiais. O baixo nível de compreensão da ciência por parte da sociedade em geral, e dos jovens em particular, é por isso alvo de intenso debate público nos nossos dias. Numa era em que a ciência e a tecnologia assumem papéis cada vez mais relevantes na vida de todos os cidadãos, tal traduz-se numa menor capacidade de compreender o mundo em que vivemos, de sobre ele formar opiniões e de tomar decisões sustentadas, o que equivale, portanto, também a um défice de cidadania e, em última instância, se traduz num importante problema social. (Granado, 2001). Nesta perspectiva, o papel das instituições científicas e dos seus profissionais (sem prejuízo da acção conjunta de outros agentes sociais), como divulgadores de ciência reveste-se da máxima importância, porquanto possibilitam uma melhor compreensão pública da ciência, com benefícios para os níveis de cultura científica das populações, facilitando a absorção dos resultados da investigação científica e tecnológica e o próprio sistema produtivo (ciência incluída) das sociedades modernas.

⁹⁵ Em 2005, Manuel Castells – um dos peritos que ajudaram a preparar a *Agenda de Lisboa* – faz um balanço que aponta a ideia de que o conteúdo da agenda de Lisboa estava certo, assim como as medidas propostas; tendo faltado os mecanismos de implementação. Segundo o perito, a estratégia de Lisboa pretendia fundamentalmente aproximar a Europa em termos de produtividade e competitividade da economia americana, gerando inovação mas mantendo a coesão social, o modelo social europeu. (...) Houve bastantes avanços mas, se considerarmos os objectivos, temos de concordar que, em lugar de haver convergência com a produtividade e a competitividade da economia americana, houve divergência. (...) Não precisamos de inventar outra estratégia [“de Lisboa”], outra grande visão, que é o que gostam de fazer os europeus. (...) O diagnóstico que fazemos hoje é que as políticas dos Estados não levaram a sério estes objectivos. Penso que é através da correcção das políticas nacionais, coordenadas e apoiadas a nível europeu. [A propósito dos modelos de desenvolvimento da Sociedade da Informação defende que cada cultura e cada sistema institucional têm de encontrar o seu próprio modelo a partir de um núcleo comum de princípios: o papel central das tecnologias de informação e comunicação e da inovação, o conhecimento como matéria-prima, a ideia de que o valor acrescentado está mais no processo do que o produto. Cf. Malheiros, J. e T. de Sousa (2005), “Manuel Castells: ‘Não precisamos de inventar outra estratégia de Lisboa’”, *Jornal Público*, 10 de Março. Disponível em: http://www.publico.pt/economia/noticia/manuel-castells-nao-precisamos-de-inventar-outra-estrategia-de-lisboa_1217814 [consultado em 01/09/2014]. E Castells, M. e P. Himanen (2007 [2002]), *A Sociedade de Informação e o Estado-Providência. O modelo Finlandês*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.

⁹⁶ A promoção da cultura científica tem sido uma preocupação em Portugal, à semelhança do que se verifica noutros países. Veja-se, por exemplo, a adesão da comunidade educativa ao programa Ciência Viva, que se tem traduzido numa mobilização conjunta considerável de escolas e instituições científicas com vista à melhoria da educação em ciência no nosso país. Cf. Conceição, 2011; Mata, 2004.

Capítulo 2

Conhecimento, cultura científica e literacia científica

Neste capítulo, começaremos por nos debruçar sobre a noção de conhecimento. Seguidamente, focaremos o conceito de cultura científica e faremos um enquadramento da mesma num contexto cultural mais vasto das sociedades contemporâneas. Finalmente, deter-nos-emos sobre a noção de literacia científica, fazendo uma breve resenha histórica, uma análise do conceito e suas dimensões, e discutindo as suas vantagens e importância nos nossos dias.

2.1 Valor do conhecimento

*Knowledge is the new battlefield for
countries, corporations and individuals*
Ridderstråle e Nordström (2000: 34)

O conhecimento não é um conceito novo; estando na base de boa parte do comportamento humano desde há séculos a sua procura e utilização com vista ao desenvolvimento social e económico (Lindley, 2000; Junqueiro, 2002). Muitos dos pensadores e dos escritos económicos dos séculos XVIII e XIX já se debruçavam sobre a importância do conhecimento para o crescimento das sociedades humanas⁹⁷ (Soete, 2000). A competência do homem para produzir conhecimento e a sua capacidade de aprendizagem tem sido, portanto, um factor crucial de desenvolvimento em qualquer sociedade e em qualquer momento histórico.

Os desafios da globalização e da sociedade baseada na inovação e no conhecimento⁹⁸, todavia, convocam novos elementos, que na análise breve aqui apresentada serão revistos de forma necessariamente incompleta⁹⁹, mas que genericamente, de acordo com Soete (2000: 1 e ss) nos remetem para:

⁹⁷ Karl Marx (1818-1883) e Joseph Shumpeter (1883-1950), para citar dois exemplos apenas, sempre frisaram a importância crucial que a acumulação de conhecimento tem para um crescimento a longo prazo.

⁹⁸ No século XXI, o conhecimento assume-me como um recurso estratégico imprescindível de competitividade no contexto de uma economia progressivamente global – que muitos designam pela Era do Conhecimento e da Informação (Druker, 2002; Sousa, 2000).

⁹⁹ Para mais detalhes, v. por exemplo Rodrigues *et. al.*, 2000.

- o reconhecimento de que o conhecimento, à semelhança de qualquer outro bem de capital, pode ser analisado. Apesar das suas especificidades face a outros bens de capital materiais tradicionais – como o facto de ser um bem intangível –, o conhecimento também ser *produzido* e utilizado na produção de outros bens, armazenado, sujeito a depreciação quando superado por novos conhecimentos que o superam e lhe retiram valor;

- o crescente consenso económico e político acerca do conhecimento como factor decisivo de competitividade. Esta perspectiva está intimamente associada às novas tecnologias de informação e comunicação (TIC) – decorrente das suas capacidades de memorização e armazenamento de dados, velocidade, manipulação e interpretação de dados e informação (codificação da informação e do conhecimento); e da sua natureza global, que possibilita quer o armazenamento e codificação da informação e do conhecimento à distância e em tempo real, quer a sua acessibilidade a todos os sectores e agentes económicos e sociais através de redes comunicacionais (o que tem permitido um acesso mais generalizado e facilitado);

- a necessidade de entender a inovação não tanto como ruptura tecnológica mas antes como capacidade de explorar sistematicamente novas utilizações e combinações com base nos conhecimentos existentes.

Assistimos a uma crescente internacionalização da produção do conhecimento. O desenvolvimento das TIC, e a conseqüente redução dos custos da comunicação, tem permitido e conduzido a um crescimento do fluxo internacional do conhecimento. A capacidade crescente de utilizar a codificação na produção do conhecimento oferecida pelas TIC tem tido impactos significativos na eficiência das actividades económicas e sociais das sociedades modernas (Archibugi e Lundvall, 2002; Sousa, 2000). Com efeito, as novas tecnologias de informação e comunicação têm vindo a transformar a natureza do trabalho e a organização da produção; assim como contribuem decisivamente para a mudança que se tem vindo a operar na forma como as sociedades e as pessoas têm acesso, armazenam, trocam e transferem conhecimento, reduzindo redundâncias, atrasos e custos e aumentando os níveis de qualidade e eficiência da actividade económica, científica, social, etc. (Avillez, 1996; Archibugi e Lundvall, 2002).

Neste sentido, Soete defende que os desafios das sociedades actuais no que concerne à sua transição para uma economia baseada no conhecimento exigem um esforço substancial no que diz respeito *ao investimento em conhecimento: Investigação*

e Desenvolvimento; software e hardware de TIC; telecomunicações; educação e formação (2000: 26).

Tendo a ciência e a tecnologia um papel potenciador do desenvolvimento das sociedades e sendo a ciência um fenómeno social¹⁰⁰, só o debate alargado sobre ciência e tecnologia pode tornar insustentável o atraso científico português (Gago, 1990). De facto, a actividade científica é uma actividade social que, como qualquer outra, se caracteriza por um sistema de normas e recompensas (Merton, 1973), tendo assumido a partir da década de 1960 maior visibilidade na vida e consciência sociais, possibilitada por sociedades com crescentes dinâmicas de incorporação de aquisições científicas e tecnológicas e consequentes impactos sociais¹⁰¹.

O debate público alargado acerca do alcance e dos impactos da actividade científica, nomeadamente sobre questões polémicas¹⁰², é particularmente interessante para a análise do estado e das tendências evolutivas das culturas social e política face à ciência. Trata-se de uma oportunidade única para analisar a articulação entre ciência, cientistas, decisão política e público. Esse debate público conduz a uma maior dinâmica da comunidade científica e de alguns movimentos sociais, contribuindo para uma crescente consciencialização e sensibilização social dos fenómenos científicos (Gonçalves *et al.*, 2000, 2002; Gonçalves, 2002).

Temos vindo a analisar a importância de um contexto cultural favorável à ciência e à tecnologia como elemento facilitador de sociedades inovadoras. E, consequentemente, a necessidade de promover a sua compreensão pública.

As sociedades desenvolvidas confiam boa parte da sua prosperidade e segurança a conhecimentos, produtos e serviços baseados em ciência e tecnologia, donde o empreendimento científico para ser levado a cabo necessita, não só de um elevado número de profissionais de ciência, mas também de uma população que globalmente apoie o empreendimento científico.

¹⁰⁰ A ciência deverá ser encarada como uma prática social, desenvolvida em contextos e por agentes sociais, através de processos sociais e cujos resultados têm consequências sociais; esta perspectiva, segundo Pinto (1994, 2001), deverá ajudar a alcançar crescentes níveis de racionalidade, objectividade e responsabilidade na actividade científica. Segundo Aikenhead (1994a, 1994b), temos vindo a assistir a uma crescente socialização da ciência, o que faz com que actualmente esta esteja de tal forma socializada que se confunde com a própria sociedade, assumindo uma indiscutível responsabilidade social.

¹⁰¹ Como discutido em detalhe por Costa, 1996.

¹⁰² Citemos, por exemplo, o amplo debate público em torno do tema das energias renováveis (ver a este propósito, por exemplo, Delicado *et al.*, 2012); a discussão sobre a energia nuclear (ver, por exemplo, Delgado Domingos, 2006; Rodrigues e Azevedo, 2006); o caso do tratamento e destino de resíduos perigosos associado à questão da co-incineração (Nunes e Matias, 2003); o caso das gravuras de Foz Côa (Gonçalves, 2000); ou ainda o caso da BSE (*encefalopatia espongiforme de bovinos*) – vulgarmente designada por *doença das vacas loucas* (Gonçalves, 1996).

Neste contexto é, pois, pertinente que nos interroguemos sobre *porque precisa o público de compreender ciência e tecnologia?* Desde logo porque é difícil rebater a ideia Iluminista¹⁰³ de que a aquisição de mais conhecimento é intrinsecamente um acontecimento positivo. Depois, porque a ciência é um modo de nos ajudar a compreender o mundo em que vivemos, o nosso lugar no mundo e, em última instância, a nós próprios (Wilson, 1998).

2.2 Cultura científica

*O alargamento e aprofundamento da cultura científica
é uma tarefa primordial em todas as sociedades
que querem continuar a poder ser avançadas.*

João Caraça

2.2.1 Conceito e enquadramento

A noção de cultura científica tende a remeter, genericamente, para a problematização já anteriormente desenvolvida a propósito da compreensão pública da ciência¹⁰⁴, mas, tal como nos indica Cristina Palma Conceição, porventura com maior potencial de sistematização advindo do facto de beneficiar de modo mais directo da própria noção de cultura¹⁰⁵. De acordo com a autora, a expressão *cultura científica* terá tido surgido quando se evidenciou necessário estimular uma melhor comunicação entre a comunidade científica, os decisores políticos e a população em geral, consubstanciada numa participação mais activa das instituições científicas e de ensino superior em actividades de divulgação científica e numa oferta cultural da ciência através de meios normalmente envolvidos em actividades de âmbito cultural (museus, exposições...). Duas questões chave orientam, portanto, esta perspectiva: por um lado, a necessidade de

¹⁰³ Para mais detalhes sobre o movimento de renovação científica designado Iluminismo – também conhecido como a *Época da Luzes* –, que ocorreu na Europa no século XVIII (com maior expressão em França), e que exerceu enorme influência cultural, social e política nas sociedades da época, ver por exemplo: Hankins, 2004; Vovelle, 1997.

¹⁰⁴ O termo *cultura científica* (*la culture scientifique*) comumente utilizado por exemplo em França, tem como sinónimo *literacia científica* (*Scientific Literacy*) e *compreensão pública da ciência* (*Public Understanding of Science*) mais frequentes nos contextos anglo-saxónicos, respectivamente, nos Estados Unidos da América e na Grã-Bretanha (Durant, 1993; Carvalho, 2009).

¹⁰⁵ Sobre a qual existe já profunda e vasta reflexão teórica.

reafirmar a ciência como cultura e, por outro, de integrá-la no quadro cultural mais vasto das sociedades. Ou seja, integrar a ciência *como* cultura e *na* cultura (2011: 165).

Não será possível determo-nos aqui alongada e aprofundadamente sobre o conceito de cultura (como a multiplicidade e interesse dos aspectos e abordagens possíveis mereceriam), todavia, gostaríamos de salientar três aspectos¹⁰⁶ que nos merecem particular atenção no contexto do presente trabalho. A saber, a cultura como:

- i) acumulação de conhecimento associada à ideia de homem *culto* como o indivíduo que detém conhecimento sobre o mundo que o rodeia (conhecimento esse que obtém designadamente através do sistema de ensino), o qual potencia a sua capacidade de pensar de forma mais consciente e informada sobre os desafios da Humanidade e do Universo, de compreender e decidir sobre as implicações de determinado assunto, bem como desfrutar melhor dos produtos da capacidade humana;
- ii) património material e simbólico de uma dada sociedade ou grupo social. Numa abordagem que remete para o contexto espacial e temporal da acumulação de património cultural. Sendo disso exemplo, a cultura de uma civilização, de um país ou de um bairro;
- iii) conjunto de valores, regras, significados e representações. Os quais são incorporados pelos indivíduos, e usados nas suas acções e interacções. Configurando a existência de um sistema cultural – com fundamentos e coerência internos próprios, e dotado de traços que o caracterizam.

E é neste contexto que a cultura científica pode ser entendida como um elemento cultural num panorama mais vasto da cultura das sociedades em que se desenvolve. De acordo com Ziman (1980), a ciência é, acima de tudo, um corpo de conhecimentos, que contempla informação vasta organizada em torno de uma variedade de teorias, esquemas conceptuais, estruturas categoriais e outros princípios interpretativos. Sendo uma componente principal da cultura das sociedades contemporâneas, em prol de quem tem sido acumulado, e a quem, em última análise, pertence.

¹⁰⁶ Que podemos ver discutidos com mais detalhe, por exemplo, em Conceição, 2011.

Os resultados de estudos sobre a cultura científica dos portugueses¹⁰⁷ e o impacto do nível de conhecimento científico sobre as crenças relativas à ciência e às relações entre a ciência e a sociedade, mostram que, genericamente, quando comparado com dados europeus, os Portugueses apresentam um défice de cultura científica. Conclui-se ainda que essa situação pode ser explicada pelas condições de aprendizagem e também pela escassez de oportunidades de contacto com o mundo da ciência e da tecnologia (Rodrigues et al. 2000). Todavia, apesar do atraso do país neste domínio, tem havido uma evolução dos públicos de ciência em Portugal, no sentido do aumento de volume bem como do crescimento do grau de exigência¹⁰⁸.

2.2.2 A cultura científica dos portugueses

Em Portugal realizam-se, desde 1988, os inquéritos à cultura científica, inicialmente sob a responsabilidade do Eurobarómetro¹⁰⁹, e, desde 1996, sob a responsabilidade do Observatório das Ciências e das Tecnologias (OCT)¹¹⁰.

Os resultados de estudos sobre a cultura científica dos portugueses e o impacto do nível de conhecimento científico sobre as crenças relativas à ciência e às relações entre a ciência e a sociedade¹¹¹, que procuram responder a questões como as colocadas

¹⁰⁷ Que, como vimos, assenta a sua análise no pressuposto de que a ciência e tecnologia encontram condições mais favoráveis ao seu desenvolvimento em sociedades cuja população tem determinado nível de conhecimentos científicos e atitudes positivas face à ciência. Assim, procura avaliar o grau de conhecimentos científicos dos cidadãos partindo da premissa de que é vital nas sociedades democráticas os cidadãos dominarem certas noções e conhecimentos básicos sobre ciência, e de que o conhecimento da ciência é importante para legitimar as políticas científicas governamentais e os impactes sociais do conhecimento científico. Ver, a este propósito, por exemplo, os *Inquéritos à Cultura Científica dos Portugueses*, Ávila et al., 2000 e Rodrigues et al., 2000.

¹⁰⁸ Cf. Costa et al. (2002). Este estudo mostra que a proximidade à ciência está fortemente relacionada com os níveis de ensino mais elevados e com os recursos sociais e cognitivos deles decorrentes. Todavia, revela igualmente existirem públicos de ciência em todas as esferas sociais e, nessa medida, a análise aponta para a necessidade de se promoverem iniciativas diversas consoante os diferentes tipos de público.

¹⁰⁹ Após o primeiro inquérito, em 1988, realizaram-se outros dois, em 1990 e 1992.

¹¹⁰ Sob a responsabilidade do OCT realizaram-se os inquéritos de 1996/1997 e 2000. Os inquéritos à cultura científica têm vindo a suscitar uma reflexão teórico-metodológica a nível europeu, centrada essencialmente em críticas que apontam para a impossibilidade de medir a cultura científica com base no inquérito e também na ausência de linearidade entre o estado da cultura científica das populações e o estado de desenvolvimento do subsistema de ciência e tecnologia dos vários países. Para aprofundamento de argumentos – pró e contra – ver, por exemplo:

http://www.oces.mctes.pt/docs/ficheiros/50651ICCP96_97.pdf,

<http://www.oces.mctes.pt/docs/ficheiros/50652ICCP2000.pdf> e

http://www.oces.mctes.pt/?id_categoria=29&id_item=81948.

¹¹¹ Ver, por exemplo: MCES/OCT, *Inquérito à Cultura Científica dos Portugueses*; Ávila et al. (2000), “Cultura científica e crenças sobre a ciência”, em M. E. Gonçalves (org.), *Cultura Científica e Participação Pública*, Oeiras, Celta Editora; Rodrigues, M.L., J. Duarte e A. P. Gravito (2000), “Os

anteriormente, mostram que, genericamente, quando comparado com outros cidadãos europeus, os portugueses apresentam um défice de cultura científica.

Se atentarmos para os dados do inquérito à cultura científica dos portugueses realizado em 1996/1997 no que respeita, por exemplo, ao interesse do público por temas da actualidade, verificamos que, comparados com os restantes países da união europeia, os portugueses não tinham atingido níveis de interesse (% de pessoas muito interessadas) próximos dos dos restantes cidadãos europeus (ver Quadro 2.1). Com efeito, mesmo nos temas em que em Portugal se manifesta mais interesse – ‘*actualidade desportiva*’ e ‘*poluição ambiental*’ –, fica-se muito aquém dos níveis da média europeia (19% contra 29% na ‘*actualidade desportiva*’ e 21% contra 56% na ‘*poluição ambiental*’).

Quadro 2.1

Comparações internacionais do interesse do público por temas da actualidade (% de público ‘muito interessado’)

| Região/país | Actualidade desportiva | Actualidade política | Descobertas na medicina | Invenções e tecnologias | Descobertas científicas | Poluição do ambiente |
|-------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| C. Europeia | 29 | 28 | 45 | 35 | 38 | 56 |
| Bélgica | 26 | 21 | 36 | 28 | 29 | 42 |
| Dinamarca | 32 | 41 | 39 | 36 | 39 | 61 |
| Alemanha | 32 | 41 | 35 | 25 | 26 | 55 |
| Grécia | 27 | 50 | 55 | 44 | 46 | 74 |
| Espanha | 27 | 14 | 39 | 33 | 37 | 50 |
| França | 26 | 25 | 58 | 42 | 46 | 59 |
| Irlanda | 39 | 20 | 37 | 30 | 29 | 39 |
| Itália | 29 | 22 | 45 | 39 | 45 | 65 |
| Luxemburgo | 28 | 34 | 46 | 36 | 37 | 63 |
| Holanda | 31 | 35 | 57 | 44 | 41 | 63 |
| Reino Unido | 28 | 24 | 51 | 39 | 41 | 50 |
| Portugal | 19 | 5 | 10 | 10 | 9 | 21 |
| Japão | NA | NA | 31 | 16 | 13 | 36 |
| EUA | NA | NA | 66 | 37 | 36 | 59 |
| NA = não aplicado | | | | | | |

portugueses perante a ciência”, em M. E. Gonçalves (org.), *Cultura Científica e Participação Pública*, Oeiras, Celta Editora.

Fonte: Comission of the European Communities, Europeans, Science and Technology - Public Understanding of Science and Attitudes [Eurobarometer 38.1] (Brussels: Comission of the European Communities, 1993); National Science Board, Science & Engineering Indicators 1993, National Science Foundation; Inquérito à Cultura Científica dos Portugueses, 1996.

Nota: Adaptado do Inquérito à cultura científica dos portugueses de 1996/1997, www.oces.mctes.pt.

Todavia, face ao inquérito de 1996/1997, os resultados do inquérito realizado em 2000, apesar do relativo curto espaço de tempo decorrido entre ambos, o que impossibilitava alterações substanciais nos resultados, evidencia algumas melhorias. Seguindo o mesmo exemplo, verificamos uma evolução generalizada da percentagem de portugueses muito interessados nos vários temas da actualidade considerados (ver Quadro 2.2), com subidas muito consideráveis nalguns casos, em que a percentagem mais do que duplica – ‘*descobertas na medicina*’, por exemplo, passa de 10% em 1996/1997 para 26 % em 2000.

Quadro 2.2

Comparação do interesse do público em Portugal por temas da actualidade (% de público ‘muito interessado’)

| Temas de interesse | Actualidade desportiva | Actualidade política | Descobertas na medicina | Invenções e tecnologias | Descobertas científicas | Poluição do ambiente |
|--------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| 1996/1997 | 19 | 5 | 10 | 10 | 9 | 21 |
| 2000 | 27 | 8 | 26 | 22 | 22 | 34 |

Fonte: Inquéritos à cultura científica dos portugueses de 1996/1997 e 2000, www.oces.mctes.pt.

De acordo com o inquérito à cultura científica de 1996/1997, apenas uma minoria de portugueses visitou instituições de ciência e cultura, em Portugal ou no estrangeiro, nos doze meses que antecederam a realização do inquérito. Com efeito, a percentagem de portugueses que nesse período não fez qualquer visita – nomeadamente a jardins zoológicos e aquários (67%), bibliotecas públicas (77%), museus de arte (88%), museus de história natural (89%), museus de ciência e tecnologia (91%), uma exposição de carácter científico (92%), como o planetário (93%) – varia entre os 67% e os 93%.

No contexto internacional, as instituições mais visitadas são as bibliotecas públicas (42% dos europeus e americanos), estando Portugal (22%), a Grécia (19%) e o

Luxemburgo (25%) abaixo desta média europeia. A segunda instituição mais visitada pelos europeus é o jardim zoológico ou aquário, com uma média de 35% de europeus que o(s) visitaram frequentemente. Aqui, Portugal atinge valores percentuais de 33% de pessoas que visitaram frequentemente o jardim zoológico ou aquário. Todas as outras instituições (museu de ciência e tecnologia, museu de história natural e museu de arte) foram menos visitados pelos portugueses comparando com o resto dos países da Europa (com a excepção da Grécia que visitou menos museus de história natural, isto é, 10% dos portugueses visitaram frequentemente contra 8% dos gregos).

Observemos agora os resultados dos inquéritos à cultura científica dos portugueses no que diz respeito ao conhecimento científico propriamente dito, numa perspectiva comparativa entre 1996/1997 e 2000 (ver Quadro 2.3).

Quadro 2.3
Questões de conhecimento científico (%)
(por ordem decrescente de % de respostas correctas em 2000)

| | 1997 | | 2000 | |
|--|---------------------|----------|---------------------|----------|
| | Respostas correctas | Não sabe | Respostas correctas | Não sabe |
| O oxigénio que respiramos provém das plantas (V) | 80 | 13 | 82 | 7 |
| A internet é uma rede de comunicação e circulação de informação (V) | 64 | 34 | 81 | 15 |
| A terra gira à volta do sol (V) ou o sol à volta da terra | 84 | 9 | 80 | 8 |
| O centro da terra é muito quente (V) | 67 | 27 | 70 | 22 |
| Os seres humanos, tal como os conhecemos hoje, desenvolveram-se a partir das primeiras espécies animais (V) | 50 | 38 | 62 | 23 |
| Os continentes sobre os quais vivemos deslocam-se há milhões de anos e continuarão a deslocar-se no futuro (V) | 52 | 40 | 61 | 27 |
| Os primeiros seres humanos viveram na mesma época dos dinossauros (F) | 29 | 44 | 54 | 25 |

| | | | | |
|---|----|----|----|----|
| São os genes do pai que determinam o sexo do bebé (V) | 42 | 37 | 46 | 25 |
| O leite radioactivo torna-se inofensivo se o fervermos (F) | 48 | 41 | 44 | 41 |
| Quanto tempo leva a terra a dar a volta ao sol (um ano – V) | 51 | 21 | 41 | 19 |
| Toda a radioactividade é produzida pelo homem (F) | 34 | 46 | 32 | 34 |
| O laser funciona por concentração de ondas sonoras (F) | 20 | 60 | 32 | 48 |
| Os electrões são mais pequenos que os átomos (V) | 32 | 56 | 32 | 53 |
| Os antibióticos destroem os vírus assim como as bactérias (F) | 14 | 30 | 18 | 23 |

Fonte: Adaptado do Inquérito à cultura científica dos portugueses, 2000, www.oces.mctes.pt

O Quadro 2.3 mostra-nos que, para sete do conjunto das catorze questões apresentadas, a maioria dos inquiridos respondeu correctamente, situando-se a percentagem de respostas certas entre 54% e 82%. De 1996/1997 para 2000 regista-se um aumento do número de respostas correctas em relação a quase todas as afirmações, destacando-se como evoluções mais notórias as respostas correctas às afirmações ‘*os primeiros seres humanos viveram na época dos dinossauros*’ – com mais 25% de respostas correctas, e ‘*os seres humanos, tal como os conhecemos hoje, desenvolveram-se a partir das primeiras espécies animais*’, que registou uma subida de 17 pontos percentuais. Pela negativa, podemos salientar por exemplo que em 2000, 8% dos inquiridos ainda reconhecia desconhecer a resposta correcta à questão ‘*a terra gira em volta do sol ou o sol à volta da terra?*’, e dos que responderam julgando saber, apenas 80% respondeu correctamente.

Em suma, os vários inquéritos realizados à cultura científica dos portugueses têm-nos permitido constatar uma melhoria dos resultados da população portuguesa no que concerne à maioria dos indicadores de cultura científica¹¹². Conclui-se também que, globalmente, quando comparados com os outros cidadãos da União Europeia, os

¹¹² Interesse e grau de informação sobre temas da actualidade, atitudes perante a ciência, hábitos de leitura e visualização de programas de ciência e tecnologia, hábitos de frequência de instituições científicas, conhecimento científico, entre outros.

portugueses apresentam um défice de cultura científica, apresentando os resultados mais baixos em quase todos os indicadores.

Conclui-se ainda que essa situação pode ser explicada pelas condições de aprendizagem e também pela escassez de oportunidades de contacto com o mundo da ciência e da tecnologia¹¹³. Com efeito, eis o que podemos ler na conclusão do inquérito de 1996/1997:

“...défice associado a um problema de oportunidades. (...) ...oportunidade de aprendizagem e socialização que a escola proporciona; neste quadro faz todo o sentido que se analisem e questionem as condições desta aprendizagem, uma vez que, no que diz respeito às aprendizagens científicas e tecnológicas de base no ensino obrigatório, Portugal se distingue por um défice quase total do ensino experimental das ciências e por uma reduzida afirmação do ensino tecnológico. Tal não pode deixar de estar relacionado com o défice de cultura científica dos portugueses. (...) Populações e outras instituições (nomeadamente científicas, como museus, organizações profissionais, entre outras) e os meios de comunicação (como a televisão, os jornais e a rádio) podem participar activamente na criação de outras oportunidades de aprendizagem que, além de divulgação de conhecimentos, estimulem a curiosidade e o interesse pela ciência, contribuindo para a difusão da cultura científica. (...) ...regista-se a ausência de museus, revistas de divulgação, programas de televisão e rádio, entre outros, sejam eles destinados à população adulta ou à mais jovem” (Inquérito à cultura científica dos portugueses de 1996/1997, www.oces.mctes.pt).

Todavia, apesar do atraso do país neste domínio, tem havido uma evolução dos públicos de ciência em Portugal, no sentido do aumento de volume bem como do crescimento do grau de exigência¹¹⁴.

Tal como debatido em 2001, no Seminário ‘*Sociedade da Informação e Promoção da Cultura Científica: Políticas Públicas e Indicadores de Acompanhamento*’¹¹⁵, não se pretende dar aqui a ideia de que a cultura científica é panaceia para os problemas da sociedade, nem que mais informação corresponde de forma linear a mais cultura

¹¹³ Como discutido por Rodrigues, M.L., J. Duarte e A. P. Gravito (2000), in op. cit.

¹¹⁴ Costa *et al.*, 2002. Este estudo mostra que a proximidade à ciência está fortemente relacionada com os níveis de ensino mais elevados e com os recursos sociais e cognitivos deles decorrentes. Todavia, revela igualmente existirem públicos de ciência em todas as esferas sociais e, nessa medida, a análise aponta para a necessidade de se promoverem iniciativas diversas consoante os diferentes tipos de público.

¹¹⁵ Para mais detalhes, ver http://www.oces.mctes.pt/?id_categoria=29&id_item=81940.

científica, pois está dependente igualmente de factores como a motivação e a confiança do público. Subscrevemos, sim, a convicção forte da necessidade de o país ter uma política científica concertada no que ao financiamento, avaliação e divulgação da ciência diz respeito.

2.3 Literacia científica

*Scientific literacy: new
minds for a changing world.*

Hurd, 1998

O conceito de literacia científica e as dimensões que o caracterizam merecem, pela sua centralidade neste trabalho, uma análise detalhada. É o que nos propomos fazer de seguida. Começamos por uma breve resenha histórica; de seguida fazemos uma análise do conceito e suas dimensões, e finalmente discutimos as suas vantagens e importância nos nossos dias.

2.3.1 Breve resenha histórica

Desde que foi utilizado pela primeira vez, por Paul deHard Hurd¹¹⁶ em 1958, o termo *literacia científica* tem sido sujeito a diversas interpretações ou concepções (*American Association for the Advancement of Science* – AAAS, 1989 e 1990a; Branscomb, 1981; Laugksch, 2000; *National Research Council*, 1996; OCDE, 2013, 2011, 2007, 2003a e 2003b). Todavia, as múltiplas concepções e significados que lhe têm sido atribuídos nas últimas décadas têm contribuído para que nem sempre seja fácil perceber de que falamos concretamente quando nos referimos a literacia científica (Holbrook e Rannkmae, 2009).

O conceito de literacia científica, ainda que não claramente definido, surgiu num contexto de reconhecida necessidade de criar condições para que os cidadãos pudessem compreender e apoiar o empreendimento científico e tecnológico, na década de 1950

¹¹⁶ Cf. Hurd, P. deH. (1958), “Science Literacy: Its meaning for american schools”, *Educational Leadership*, n.º 16(1), pp. 13-16. Não obstante a ideia da necessidade de uma *compreensão pública da ciência* já se fazer sentir desde do início século XX, segundo Morris H. Shamos, 1995.

nos Estados Unidos da América. E foi também decorrente deste contexto que a educação científica conheceu um forte impulso no sentido de contribuir para que as crianças e os jovens adquirissem competências para fazer face a uma sociedade caracterizada por uma crescente sofisticação científica e tecnológica (Hurd, 1958; Carvalho, 2009). Genericamente, durante as décadas de 1950 e 1960 atribuíram-se à literacia científica significados que remetiam, sobretudo, para tudo o que servisse o propósito da educação científica em contexto escolar (Roberts, 1983).

Na década de 1980, a noção de literacia científica conhece um novo estímulo, que perdura até aos nossos dias, associado ao facto de se reconhecer o papel central da ciência e da tecnologia no progresso económico das sociedades desenvolvidas (Prewit, 1983). É nesta fase que se dá o reconhecimento da importância da literacia científica de todos os cidadãos (tendo em conta a relevância social e cultural da ciência numa sociedade cada vez mais científica e tecnológica, aposta-se nas competências no âmbito da educação em ciências, prioritariamente dirigidas a crianças e jovens em meio escolar¹¹⁷, mas não esquecendo os adultos, numa perspectiva inclusiva de *Science, Technology and Society for All – Ciência, Tecnologia e Sociedade para Todos*¹¹⁸) –; a par da consolidação de políticas educativas que têm a literacia científica como um dos seus objectivos principais (Miller, 1992; Jenkins, 1994).

¹¹⁷ De que é um marco decisivo a criação, em 1985, do *Project 2061 – Science for All Americans*, da *American Association for the Advancement of Science* (AAAS, 1990a). Com o Projecto 2061, a AAAS propõe-se a uma tarefa a longo prazo (até 2061, simbolicamente, por marcar a próxima passagem do Cometa Haley, e cuja última passagem se deu, justamente em 1985, ano do lançamento desta iniciativa), que visa reformar o sistema nacional de ensino pré-universitário americano no que diz respeito ao ensino das ciências naturais e sociais, da matemática e da tecnologia, para que todos os alunos, aquando da saída deste nível de ensino, detenham conhecimentos e capacidade de pensamento crítico nestas áreas, ou, no fundo, mais literacia científica para fazer face a uma sociedade crescentemente científica e tecnológica (AAAS, 1990a, 1990b, 1998).

¹¹⁸ Como discutido, por exemplo, por Robert Eugene Yager, 1996.

2.3.2 Conceito e dimensões

Ler não é decifrar.

Escrever não é copiar.

Emilia Ferreiro

A noção de literacia científica é inspirada na ideia de literacia. A literacia, grosso modo, remete-nos para um nível mínimo de capacidade de processar com eficiência informação escrita na vida quotidiana, traduzindo-se na prática por capacidades de leitura, escrita e cálculo de materiais escritos usados no dia-a-dia profissional, social e pessoal. Como defendido por Benavente *et al.*, a literacia remete para as capacidades de processamento da informação escrita na vida quotidiana, sendo concebida como uma chave para o sucesso escolar e para uma efectiva participação no mercado de trabalho, na comunidade e no exercício da cidadania (1996: 22).

De acordo com Fernando Azevedo, apesar de usualmente a literacia ser associada a capacidades de leitura e escrita e de utilização da informação escrita de forma adequada em contextos diversificados, ela comporta igualmente uma vertente motivacional para fazê-lo. E é nesse sentido que o autor defende que:

A literacia, potenciando a interacção social e estimulando o raciocínio crítico e a comunicação abstracta, é utilizada para desenvolver o conhecimento e a compreensão e para assegurar a formação efectiva e integral da pessoa. (...) [incluindo] também a capacidade para ler o mundo de uma forma não ingénua, a capacidade de reconhecimento de sinais matemáticos e de signos e símbolos num texto, possibilitando uma integração efectiva e eficaz entre as componentes do falar, do ouvir e do raciocínio crítico com a leitura e com a escrita (2009: 1).

O termo literacia tem vindo a ser associado a uma multiplicidade de contextos da vida humana em sociedade, remetendo-nos, designadamente, para noções de literacia política, para a saúde, para o ambiente, informática, literária, científica, entre tantas outras que se poderiam referir. Sendo actualmente reconhecido que as múltiplas literacias se desenvolvem conjunta e interactivamente (Braunger e Lewis, 2006).

Assim, analogamente, a literacia científica, em termos gerais, poderá ser entendida como o nível (ainda que básico) de compreensão da ciência e da tecnologia –

sobre factos científicos, o que é e como se faz ciência – de que os cidadãos de uma sociedade científica e tecnológica precisam para sobreviver e beneficiar do seu ambiente social, cultural e físico (Thomas e Durant, 1987; Conceição, 2011).

Muitos têm sido os argumentos favoráveis à literacia científica. Num sentido, tem sido defendido que, em democracia, as pessoas sempre que exercem o seu direito de voto, tomam decisões também sobre políticas científicas e tecnológicas. Sendo compreensível, portanto, que possam tomar decisões de forma mais consciente apenas se souberem algo sobre ciência e tecnologia. Noutro sentido, muitas das suas escolhas pessoais quotidianas – alimentação, saúde ou consumos relacionados com conforto, lazer e bem-estar (energia, recursos naturais, etc.) – requerem algum tipo de conhecimento científico. Donde, sem o mínimo de informação científica e tecnológica porventura até as decisões aparentemente elementares podem ser difíceis de tomar ou diferentes das que tomaríamos se em posse de mais conhecimento científico e tecnológico. Noutro sentido ainda, há quem argumente que a ciência faz parte da cultura e do património das sociedades onde é criada e aplicada, pelo que todos têm direito a conhecimentos científicos.

Como discutido por Wilson (1998), globalmente, um profuso conhecimento científico pode ser da maior utilidade e eficácia na redução de comportamentos de risco (com enormes benefícios pessoais e colectivos, designadamente em termos económicos e de saúde para as sociedades humanas), na prevenção e redução de comportamentos poluidores involuntários¹¹⁹.

Na ciência, como na sociedade em geral, a noção entre especialista e leigo é flexível e dinâmica. Todos nós ainda que eventualmente especialistas numa dada área, somos leigos numa infinidade de outros campos. Genericamente, as pessoas não sabem pouco apenas sobre ciência e tecnologia¹²⁰, sabem pouco sobre uma série de outros assuntos. Todavia, os conhecimentos e as competências dos cidadãos no domínio das ciências tem vindo a conhecer um incremento considerável à medida que a ciência, as

¹¹⁹ Ideias simples como o uso de protecção contra doenças graves e incuráveis sexualmente transmissíveis, a compreensão do problema mundial do lixo que produzimos (e a importância da sua reciclagem) ou o alerta para comportamentos que agravam a escassez de recursos finitos e escassos (actos tão simples como saber e adoptar comportamentos de não despejo de óleos culinários nos esgotos domésticos pelas consequências poluidoras da água), podem e devem fazer parte de campanhas públicas alargadas de educação científica, com grandes vantagens para toda a humanidade, para as restantes formas de vida, e para a própria terra.

¹²⁰ Os resultados das pesquisas feitas em Portugal revelam que o perfil geral de literacia do país é bastante fraco (Benavente, 1996; Costa *et al.*, 2000), não sendo a situação particularmente diferente no que respeita à literacia científica (Gonçalves, 2000 *et al.*, 2000).

suas aplicações e as suas implicações foram assumindo um papel central no desenvolvimento económico, social e cultural das sociedades humanas, e os estudos sobre a matéria¹²¹ têm vindo a mostrar grupos cada vez mais alargados de cidadãos interessados em saber mais sobre ciência (Conceição, 2011; Wilson, 1998). E isso impele-nos a pensar sobre como é que a comunicação pública da ciência pode melhorar os níveis de literacia científica dos cidadãos. E, especificamente, sobre o contributo que a comunidade científica pode dar a esse respeito.

A sociologia da ciência – que como vimos estuda o modo como a comunidade científica funciona enquanto actividade humana produtora de conhecimento – tem vindo a demonstrar que o conhecimento científico atinge o estatuto de *ciência* pela forma *como é produzido*, e depois *testado* e *aprovado* (ou rejeitado) pela comunidade científica. Por outras palavras, o que dá ao conhecimento científico a sua autoridade é o papel da comunidade em tirar conclusões científicas – respostas, análise crítica dos seus pares. E o público deve ter algumas noções científicas básicas e relevantes, mas também ser capaz de distinguir conhecimento realmente científico do que só o é aparentemente, ou seja precisa de entender não só o trabalho da comunidade científica mas também os métodos da ciência.

Neste sentido, segundo Wilson (1998), podemos afirmar que a literacia científica deve ser perspectivada sob três vertentes, distintas mas complementares :

- como *conhecimento e compreensão de factos da ciência e da tecnologia*. Donde, a comunicação da ciência deverá focar-se na difusão de factos da ciência e da tecnologia. Tendo sempre presente, por um lado, que as pessoas tendem a achar mais útil e cativante informação relevante para as suas vidas, e, por outro, que essa comunicação deve apelar não só ao contexto real das populações mas também ser expressa sob forma cientificamente rigorosa e intelectualmente honesta ainda que sempre que possível do modo mais simples e sem recurso às linguagens e termos abstractos da ciência;
- como *conhecimento e compreensão da forma como é produzido o conhecimento científico*. A este propósito, é necessário que a comunicação da ciência tenha presente que as pessoas que produziram o conhecimento e o que elas fizeram são

¹²¹ Iniciados nas últimas décadas do século XX, nos Estados Unidos da América pela *National Science Foundation*, os estudos sobre a literacia científica dos cidadãos depressa foram replicados noutras partes do mundo, nomeadamente na Europa. Para mais detalhes acerca de estudos sobre compreensão pública da ciência, consultar: Jon D. Miller (1983, 1992, 1993, 1998); Jon D. Miller e Rafael Pardo, 2000; ou Conceição, 2011.

elementos importantes (um tal relato científico tem também a função de apresentar a faceta humana do empreendimento científico e tecnológico);

- como *conhecimento e compreensão da forma como a comunidade científica decide o que é e não é ciência*. Neste caso, a comunicação pública da ciência deve salientar o apoio imprescindível da comunidade científica como validação do estatuto de conhecimento científico, mencionando os procedimentos de publicação com revisão de especialistas.

A literacia – e naturalmente também a literacia científica – é entendida como condição fundamental de exercício da cidadania e capacidade de entender e lidar com a ciência e tecnologia (Thomas e Durant, 1987; Gonçalves, 1996, 2002 ; Gonçalves *et al.*, 2002). Com o desenvolvimento económico as sociedades contemporâneas tornaram-se estruturas altamente complexificadas, as quais requerem crescentemente não apenas cidadãos participativos mas também profissionais criativos, com um *know-how* alargado e com capacidade de elevados níveis de desempenho e capacidade de aprendizagem ao longo da vida. Donde, um dos maiores desafios e preocupações da escola deverá ser, justamente, o de que todos os alunos apresentem elevados desempenhos de literacia, nomeadamente científica e tecnológica, porquanto vivemos contextos pessoais e profissionais de crescente exigência também a este nível (Azevedo e Sardinha, 2009b). Cabendo às instituições de ensino, portanto – nomeadamente na fase da escolarização obrigatória¹²² –, dotar os alunos de níveis de literacia – nomeadamente científica e tecnológica – e de capacidades de aprendizagem ao longo da vida consentâneos com as exigências das sociedades actuais e com os desafios do futuro.

Actualmente, reconhece-se a necessidade de entender a noção de literacia científica num espectro mais vasto (Holbrook, 2008). E é nesse sentido que Norris e Philips (2003) sugerem os parâmetros que permitem identificar uma pessoa cientificamente literata:

- conhecimento sobre conteúdos substantivos sobre ciência (terminologia, conceitos, leis, factos);
- compreensão da natureza do conhecimento científico e, portanto, capacidade de distinguir ciência de não ciência (em particular ciência de

¹²² Se atendermos ao facto de que, para muitos, continua a ser a única oportunidade ao longo da vida de uma aprendizagem prolongada e sistemática da ciência, dos seus métodos e das suas implicações; e, conseqüentemente, a sua oportunidade de aprender teorias e métodos científicos, como a ciência trabalha e os seus procedimentos. Ou seja, a maioria das pessoas abandona a educação científica quando acaba a educação formal, constituindo-se esta, portanto, a sua grande, e por vezes única, fonte de conhecimento básico sobre ciência (Ziman, 1991, 1980, Grilo, 2002).

pseudociência, o que equivale a dizer, compreensão dos processos e dos métodos da ciência);

- capacidade de saber o que é a ciência e as implicações (benefícios e riscos) da sua aplicação;
- capacidade de pensar de modo científico;
- capacidade de usar conhecimentos científicos na resolução de problemas;
- capacidade de usar conhecimentos científicos para avaliar e tomar decisões pessoais, profissionais e cívicas sobre assuntos com ela relacionados ou que a convoquem;
- compreensão da natureza da ciência, da tecnologia e a sua relação com os diversos aspectos da sociedade;
- partilha do sentimento de curiosidade e deslumbramento de conhecer o mundo, e da sensação de enriquecimento pessoal e colectivo;
- capacidade de pensar criticamente sobre a ciência e de lidar com o conhecimento científico¹²³.

Em 2003, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE)¹²⁴, no âmbito do *Programme for International Student Assessment (PISA)*¹²⁵, definiu a literacia científica como *a capacidade de usar o conhecimento científico, de identificar questões e de desenhar conclusões baseadas na evidência por forma a compreender e a ajudar à tomada de decisões sobre o mundo natural e sobre as alterações nele causadas pela actividade humana*¹²⁶ (OCDE, 2003b: 133).

Segundo Bybee (1997b), existem quatro níveis distintos de literacia científica:

- 1) *nominal* – a pessoa reconhece termos científicos, ainda que não tenha uma concepção clara do seu significado (ex: conhece o termo ADN mas não sabe o que significa);
- 2) *funcional* – a pessoa consegue fazer uso do vocabulário científico e tecnológico, ainda que normalmente fora de um contexto científico

¹²³ A visão de Norris e Philips (2003) parece, assim, ir ao encontro do que Pella, O’Hearn e Gale (1966) já haviam apontado a este propósito: conceitos básicos de ciência; a natureza da ciência e a ética subjacente ao trabalho científico; as inter-relações entre ciência e sociedade; e a distinção entre ciência e tecnologia.

¹²⁴ Para mais detalhes sobre esta organização, ver <http://www.oecd.org/>.

¹²⁵ Cf. <http://www.oecd.org/pisa/>.

¹²⁶ Numa tradução livre do original em Inglês: *scientific literacy is the capacity to use scientific knowledge, to identify questions and to draw evidence-based conclusions in order to understand and make decisions about the natural world and the changes made to it through human activity.*

mais vasto (por exemplo, no âmbito apenas de uma pergunta específica de um teste de avaliação escolar);

- 3) *conceptual* – a pessoa tem capacidade de entender a relação entre conceitos e consegue usá-los com significado; e
- 4) *multidimensional* – a pessoa não só compreende os conceitos como apresenta a capacidade de perspectivar a ciência na sua natureza, métodos e implicações para a vida individual e colectiva.

Logicamente, o objectivo será o de que todos os cidadãos atinjam este último patamar, mais sofisticado. Todavia, esta meta afigura-se, como reconhecido por Bybee (1997b), não só ambiciosa mas como um projecto a longo prazo; e, portanto, mais exequível no contexto de populações em idade escolar – no âmbito de uma educação científica formal, sistemática, orientada e prolongada –, do que no pensado no quadro das populações adultas (Holbrook e Rannikmaer, 2009). A este propósito, pouco antes, Shamos (1995) já havia apontado a existência de três níveis de literacia científica, de crescente sofisticação, identificados em adultos: *literacia científica cultural*, *literacia científica funcional* e *literacia científica verdadeira*. A primeira remete para o domínio de informação factual que permite, por exemplo, ler um jornal e reconhecer um termo científico, ainda que não se domine o seu significado. A segunda está relacionada com a capacidade de a pessoa adulta ter a capacidade de ter uma conversa significativa sobre assuntos científicos e tecnológicos, ainda que não aprofundada. Por fim, a terceira, envolve conhecimento sobre teorias, factos e leis científicos; a este nível, as pessoas têm igualmente conhecimentos sobre o que a ciência é, os seus métodos e estão cientes da importância da confiança assente na prova.

Importa pois promover os níveis de literacia das populações, designadamente a literacia científica, porquanto vivemos em sociedades cada vez mais científicas e tecnológicas, e só cidadãos literatos conseguem podem participar activa e efectiva e plenamente, compreender e decidir criticamente sobre as suas acções do quotidiano que o envolvem económica e socialmente, e exercer a sua cidadania (Gonçalves *et al.*, 2000, 1996; Carvalho, 2009; Gil, 2001; Nutbeam, 2008).

O conceito de literacia, tal como temos vindo a analisar, remete-nos, por um lado, para capacidades de leitura e escrita, e por outro para conhecimento, aprendizagem e educação; ambos interligados de forma próxima. Com efeito, uma pessoa pode adquirir conhecimento, ainda que sem capacidades de leitura (por transmissão oral ou

experiência de vida), todavia, quando se trata de aprendizagem de um corpo próprio de conhecimento, como por exemplo o científico, existe uma ligação muito íntima entre o conhecimento e a capacidade de ler e de escrever (Carvalho, 2009). Norris e Phillips (2002) defendem que a ciência, à semelhança de outras áreas do conhecimento, tal como nós as concebemos e conhecemos, nunca poderiam ser o que são sem as linguagens escritas em que assentam. Donde, prosseguem os autores, perante esta dependência do texto, uma pessoa sem capacidades de leitura e escrita estará fortemente limitada à aquisição de conhecimento científico, de aprendizagem e de educação. Será neste sentido que o termo literacia surge, tão frequentemente, associado a objectivos de educação, e por analogia a literacia científica a objectivos de educação e em especial de educação científica.

2.3.3 Vantagens e importância da literacia científica

A literacia científica dos cidadãos, enquanto conhecimento e capacidade de perceber conceitos e processos científicos, tem-se revelado importante sob vários aspectos como sejam a produtividade da economia, a tomada de decisões pessoais ou a participação em assuntos cívicos e culturais. Porquanto significa que uma pessoa: i) pode interrogar-se e encontrar respostas para as vivências do dia-a-dia; ii) tem capacidade para compreender e dialogar sobre fenómenos científicos; iii) tem a capacidade de perceber artigos científicos publicados na imprensa não científica e discutir sobre a validade das conclusões alcançadas; iv) é capaz de identificar os assuntos científicos em causa numa discussão local, nacional ou mundial; e v) é capaz de sobre eles expressar posições e tomar decisões científica e tecnologicamente informadas (*National Research Council*, 2003).

Assim, à promoção da literacia científica no contexto das sociedades modernas tem sido apontado um conjunto de benefícios individuais e colectivos. Em termos sociais, têm-lhe sido reconhecidas vantagens para as economias, para o desenvolvimento de políticas científicas e da própria ciência, e um reforço das práticas democráticas. Individualmente, têm sido também vários os aspectos ressaltados, que remetem para a capacidade de tomada de decisão no âmbito de estilos de vida, para a empregabilidade, e para o plano intelectual e ético (Thomas & Durant, 1987; Laugksch, 2000, Carvalho, 2009; Shortland *et al.*, 1987).

Do ponto de vista social, a literacia científica tem-se revelado útil: i) ao desenvolvimento económico das nações, porquanto o progresso das economias de mercado requer um capital humano cientificamente literato (designadamente, cientistas, engenheiros e outros profissionais especializados). A produtividade das economias actuais está intimamente ligada às capacidades científicas e tecnológicas da sua força de trabalho, e uma base sólida em ciência aumenta as capacidades que as pessoas usam diariamente, nomeadamente as que se prendem com a resolução criativa de problemas, pensamento crítico, trabalho cooperativo e em equipa, uso efectivo da tecnologia e valorização da aprendizagem ao longo da vida; ii) ao apoio de políticas públicas de ciência – elevados níveis de literacia científica dotam os cidadãos de capacidade de percepção sobre a importância social da ciência e da necessidade de implementação de políticas de ciência; iii) às expectativas dos cidadãos – quanto mais elevado o nível de literacia dos cidadãos mais estes compreenderão os objectivos, métodos, capacidades e limites da ciência (criando um clima de confiança baseado na aceitação do possível e no desmitificar de expectativas irrealistas); *à influência nos decisores políticos* – níveis de literacia científica elevados estimulam os cidadãos a participar em discussões científicas sobre assuntos que afectam a sociedade e a exercer a sua cidadania.

Paralelamente, as vantagens de níveis elevados de literacia científica manifestam-se também ao nível individual, nomeadamente, a propósito: i) da empregabilidade, que potencia no quadro de uma sociedade global baseada no conhecimento e na tecnologia; ii) da perspectiva intelectual, na medida em que a ciência tem vindo a ser considerada um aspecto cultural importante das sociedades modernas; iii) do ponto de vista ético, na medida em que os valores éticos que presidem à prática científica poderão ter reflexo noutras práticas do quotidiano dos cidadãos, incorporada por via de uma vasta cultura científica; e, iv) no plano da tomada de decisões no âmbito de estilos de vida, na medida em que uma pessoa com elevado nível de literacia científica é detentora de um conjunto de conhecimentos e competências que a habilitam a tomar decisões pessoais, nomeadamente no que diz respeito a opções que se prendem com a sua saúde, bem-estar e lazer.

E é nesse sentido que o National Research Council defende que:

Num mundo cheio de produtos resultantes da actividade científica, a literacia científica torna-se uma necessidade para todos. Todos precisamos de usar informação científica para fazer escolhas com que nos deparamos todos os dias. Todos precisamos de ser

capazes de encaixar inteligentemente no discurso e no debate público de assuntos importantes que envolvem a C&T e todos merecem partilhar a excitação e o preenchimento pessoal que advém de perceber e aprender sobre o mundo natural. A literacia científica é também crescentemente importante no local de trabalho. Cada vez mais empregos requerem competências avançadas, requerendo pessoas que sejam capazes de aprender, raciocinar, pensar criativamente, tomar decisões e resolver problemas. Compreender ciência contribui de forma decisiva para essas competências (1996: 1).

Capítulo 3

Educação científica

À Educação cabe fornecer os mapas de um mundo complexo e constantemente agitado e, ao mesmo tempo, a bússola que permite navegar através dele.

Jacques Delors, 1996

UNESCO – *Educação para o Século XXI*

Neste capítulo, pela importância de que se reveste na actual abordagem da educação científica, começamos por nos debruçar sobre a noção de pensamento crítico, enquanto forma de pensamento racional e reflexivo associado à convicção e/ou à acção. Depois, analisamos o papel social da educação. Segue-se o tema da educação em ciências, no âmbito do qual revisitamos as abordagens pedagógicas que tem suscitado (do modelo curricular tradicional ao ensino em ciência, tecnologia e sociedade – CTS). Esta última é analisada de forma mais profunda nos pontos seguintes, onde apresentamos a sua génese e objectivos, fazemos uma referência ao papel e perfil do professor no âmbito desta nova forma de ensinar e aprender ciência, e discutimos os constrangimentos à sua implementação.

3.1 Pensamento Crítico

A vastidão do conhecimento, a sua crescente complexidade e o ritmo a que se operam mudanças nas sociedades contemporâneas, impedem que os cidadãos detenham o domínio de todo o conhecimento necessário para dar resposta às exigências sociais e económicas. Para contornar esta situação, necessitam de ferramentas básicas que lhe permitam lidar com quaisquer dados ou conhecimentos (Tenreiro-Vieira, 2000). Da necessidade de dar resposta às mudanças sociais (operadas designadamente através de desenvolvimentos científicos e tecnológicos), num contexto de crescimento exponencial do conhecimento disponível no mundo, tem vindo a ser reconhecida a importância fulcral do pensamento crítico, quer para o desenvolvimento individual quer para o desenvolvimento social (Chance, 1986).

A noção de pensamento crítico remete para a ideia de uma actividade prática reflexiva, cuja meta é uma crença ou uma acção sensata (Tenreiro-Vieira, 2000). Numa das suas definições mais usuais, tem sido definido como *uma forma de pensamento racional, reflexivo, focado no decidir aquilo em que acreditar ou fazer* (Ennis, 1985: 46), que na opinião do autor envolve dois elementos fundamentais – *capacidades e disposições*. As capacidades referem-se a aspectos cognitivos e as disposições dizem respeito aos aspectos afectivos¹²⁷.

Ao pensamento crítico tem sido apontada a capacidade de ajudar as pessoas a formar opiniões e a tomar decisões conscientes sobre questões da sua vida pessoal e sobre questões públicas, num claro reforço da sua cidadania (Glaser, 1985). Donde, as soluções para os problemas da sociedade moderna exijam que a ênfase da educação seja colocada também na capacidade de pensamento crítico, no sentido de preparar os alunos para serem indivíduos autónomos e competentes para resolver os problemas com que se deparam quotidianamente e participarem plenamente numa sociedade democrática.

Esta necessidade é tão mais premente na educação científica porquanto vivemos em sociedades crescentemente científicas e tecnológicas (o que implica que inúmeros problemas sociais e humanos requeiram uma abordagem e resolução a partir deste campo do saber humano), e também porque cada vez mais os seres humanos tendem a exercer o seu campo profissional em áreas que requerem o recurso a conhecimentos científicos e o domínio de tecnologias, designadamente de informação e comunicação. O pensamento crítico torna-se, assim, relevante, particularmente para profissões de natureza científica, ao permitir o uso adequado do conhecimento, a sua utilização em situações novas, a resolução de problemas e a tomada de decisões de forma eficiente (Tenreiro-Vieira, 2000).

Muito do valor da educação dos nossos dias advirá da sua eficácia em dotar os indivíduos de capacidades de aprendizagem ao longo da vida, consubstanciadas nas capacidades de pensamento adquiridas, treinadas e desenvolvidas na escola. No contexto educativo da actual conjuntura societal, constata-se que a explosão do

¹²⁷ Para mais detalhes, v. Robert Ennis, 1985 e 1987. Ainda assim, uma breve referência a alguns dos aspectos essenciais apontados pelo autor a propósito de cada um dos elementos. As capacidades de pensamento crítico remetem para se consiga: focar na questão e analisar argumentos; fazer e responder a questões; identificar e usar fontes credíveis; deduzir, induzir e avaliar; comparar, ponderar e decidir sobre factos e consequências. As disposições remetem, por seu lado, para aspectos como: procurar razões; ter em mente a preocupação básica mas tomar em consideração a situação na sua globalidade; pensar sem deixar que a discordância alheia interfira no seu próprio raciocínio; ter abertura de espírito e ser sensível a outros pontos de vista além do seu; descartar juízos não justificados ou que deixem de o ser ante novas evidências; e tomar uma posição quando a evidência o permita (Ennis, *op. cit.*).

conhecimento tem vindo a alterar a natureza do acto de conhecer. À capacidade de memorização sobrepõem-se capacidades de: i) definir problemas, seleccionar informação e resolver problemas de forma flexível; ii) aprender de forma autónoma; e iii) de saber como rever ideias e sintetizar informação (Linn, 1986).

O crescimento permanente e exponencial do conhecimento inviabiliza que os currículos escolares abranjam toda a informação disponível. Paralelamente, não é despicienda a ideia de que o ambiente de profunda e constante mudança científica e tecnológica que caracteriza as sociedades actuais torna difícil, se não impossível, prever qual o conhecimento de que os alunos virão a necessitar – enquanto cidadãos e profissionais – no futuro. A necessidade de fomentar o desenvolvimento do pensamento crítico no âmbito da educação decorre, pois, acima de tudo do reconhecimento de que este é essencial para que as gerações actuais e futuras possam encarar com mais sucesso os desafios das sociedades em que vivem (Chipman e Segal, 2014; Tenreiro-Vieira, 2000).

O diploma legal que estabelece o quadro geral do sistema educativo português – Lei de Bases do Sistema Educativo (1986)¹²⁸ – assume o pensamento crítico como uma das metas a alcançar. Podendo ler-se nos seus princípios gerais que *a educação promove o desenvolvimento democrático e pluralista, respeitador dos outros e das suas ideias, aberto ao diálogo e à livre troca de opiniões, formando cidadãos capazes de julgarem com espírito crítico e criativo o meio social em que se integram e de se empenharem na sua transformação progressiva* (ponto 5 do artigo 2.º, p. 3068); e em diversas alíneas expressões como *espírito crítico* ou *pensamento reflexivo*. O exposto na lei reflecte-se igualmente nos objectivos gerais dos programas de ciências¹²⁹, fazendo-se referência directa à necessidade de dotar os alunos de capacidade de reflexão crítica e espírito de abertura, de capacidade de observar, interpretar dados e tirar conclusões, de capacidade de cooperação no trabalho de grupo e de aceitação de outros pontos de vista.

¹²⁸ Lei de Bases do Sistema Educativo, de 14 de Outubro (disponível em <http://dre.pt/pdf1sdip/1986/10/23700/30673081.pdf> [consultada em 24/08/14]). Tendo sofrido alterações com a Lei n.º 115/97, de 19 de Dezembro (disponível em <http://dre.pt/pdf1sdip/1997/09/217A00/50825083.pdf> [consultada em 24/08/14]); com a Lei n.º 49/2005, de 31 de Agosto (disponível em <http://dre.pt/pdf1sdip/2005/08/166A00/51225138.pdf> [consultada em 24/08/14]); e com a Lei n.º 85/2009, de 27 de Agosto (disponível em <http://dre.pt/pdf1sdip/2009/08/16600/0563505636.pdf> [consultada em 24/08/14]).

¹²⁹ A este propósito ver, por exemplo, os programas curriculares das disciplinas de Biologia e Geologia do 10.º e 11.º anos de escolaridade (disponível em file:///C:/Users/Eugenia/Downloads/biologia_geologia_10.pdf) ou de Biologia do 12.º ano (disponível em file:///C:/Users/Eugenia/Downloads/biologia_12.pdf).

Todavia, continua a verificar-se em muitos casos uma dissonância entre o preconizado e a vivência nas escolas, constatando-se que nem sempre as práticas escolares fogem do tradicional papel do professor como transmissor de conhecimento factual e do papel do aluno como receptor desse conhecimento, com desvalorização da maior parte das respostas críticas e criativas¹³⁰ (Tenreiro-Vieira, 2000).

Atribuir à escola um papel de promoção do pensamento crítico, requer que se implementem programas específicos para o seu desenvolvimento, os quais não poderão ser levados a cabo sem o contributo imprescindível dos professores (que deverão desenvolver ao longo da sua formação inicial e contínua competências para explorar novas ideias de ensino nas suas disciplinas a implementar nas suas aulas, e, em última instância terem eles próprios criatividade e pensamento crítico) (Ennis, 1987; Tenreiro-Vieira, 2000).

3.2 Escola e sociedade: o papel social da educação

*I never teach my pupils. I only attempt to provide
the conditions in which they can learn.*

Albert Einstein

As relações entre a escola e a sociedade serão o nosso foco de reflexão nos parágrafos seguintes, procurando compreender a natureza da relação entre ambas.

O sistema de ensino é um elemento fundamental nas sociedades contemporâneas. Nas instituições de ensino encontramos o centro privilegiado de educação e formação (científica e ideológica) das gerações futuras¹³¹ (Cherkaoui, 1994). A centralidade do sistema de ensino nos nossos dias assenta no facto de vivermos em economias baseadas no conhecimento, as quais requerem cada vez mais recursos humanos qualificados, e produtos e serviços baseados em investigação científica e

¹³⁰ Ocorre-nos a este propósito um episódio, alegadamente real, que um professor certo dia nos contou sobre um seu colega de Filosofia que terá feito um teste de avaliação com uma única pergunta – *Imagine que esta é uma pergunta*, dizia o curto texto do teste –, e que um único aluno (um aluno regular do ponto de vista de testes convencionais) terá respondido *Imagine que esta é uma resposta* (ao contrário dos colegas que se terão desdobrado em considerações várias). O aluno que respondeu com uma única frase obteve a classificação máxima – 20 valores. Esta história, que conhecemos há tantos anos, marcou-nos até à actualidade pela criatividade de ambos, pelo risco assumido pelo aluno e, cremos, sobretudo pela valorização que este professor deu à criatividade do seu aluno.

¹³¹ Naturalmente, escolas e universidades desenvolvem a sua acção em colaboração com várias outras instituições sociais, concorrendo para um resultado de conjunto.

tecnológica constante e crescentemente sofisticados; paralelamente, num mundo confrontado com problemas sérios que comprometem a sobrevivência da espécie, nenhum cidadão poderá ser indiferente ou alhear-se das decisões a serem tomadas (Halpern, 2014), e para tal são convocados conhecimentos, capacidades, comportamentos e valores que a escolarização desejavelmente proporciona.

As organizações sociais, entendidas como sistemas, são detentoras de uma certa autonomia e, em simultâneo, componentes de um todo muito mais vasto designado sociedade (Bertrand, 1991; Bertrand e Guillemet, 1989; Kast e Rosensweig, 1985; Morgan, 1989). As organizações educativas podem, então, ser entendidas como conjuntos de elementos estruturados que visam certos fins determinados pela sociedade, apoiados em estratégias e táticas. Determinada pelas orientações da sociedade em que se insere, a organização educativa tem como finalidade última a concretização dessas orientações na realidade prática quotidiana. Todavia, as relações entre a sociedade e a educação são bilaterais. A organização educativa pode, com efeito, à semelhança de qualquer outra organização social, contribuir para a modificação das orientações da sociedade. Possuindo, portanto, uma certa autonomia e poder de intervenção nas suas próprias orientações, estipuladas em sociedade – aceitando-as, adaptando-as ou contestando-as (Bertrand e Valois, 2004).

A sociedade é constituída por um conjunto de sistemas e subsistemas, regido por um conjunto de orientações, normas, leis e regras (indicadoras da sua complexidade), em permanente relação e mudança; sendo igualmente flexível e dinâmica mercê da evolução de interesses, reflexões e decisões (Barel, 1989; Varela, 1989). Como qualquer sistema social, o educativo é um sistema aberto, atravessado por diversas esferas sociais que compõem o seu meio social. E visa determinados fins definidos pela sociedade, com o auxílio de diversas estratégias e meios específicos. Concretamente, visa que os alunos possam adquirir determinados conhecimentos, capacidades, comportamentos e valores. Recorrendo para tal a vários actores sociais – donde se destacam os professores e os alunos pelo seu carácter central na empreendimento educativo –, e a modelos específicos de transmissão desses conhecimentos, capacidades, comportamentos e valores – a que se convencionou chamar *estratégias pedagógicas* (Bertrand e Valois, 2004).

As actividades do sistema educativo são, em boa parte, determinadas pelo paradigma sociocultural das sociedades em que estão inseridas – de tal forma que

tendem sobretudo a reproduzi-las¹³². Mas pode igualmente almejar fins diferentes dos ditados pela sociedade e, portanto, seguir estratégias educativas nesse sentido. Bertrand e Valois, defendem então a *natureza bidireccional do paradigma educacional*, na medida em que, por um lado, assegura a transição das exigências da sociedade à organização educativa e, por outro, traduz os resultados da reflexão e das práticas pedagógicas que a organização educativa pode transmitir à sociedade. Nas suas próprias palavras, *o carácter dinâmico e transformador da organização educativa estabelece esta dupla relação dialéctica entre a escola e a sociedade, e entre a reflexão e a prática pedagógicas. Com efeito, um paradigma de educação cumpre sempre funções que se situam num campo de carácter dialéctico atravessado, ao mesmo tempo, por forças socioculturais e pelas forças da organização educativa. Esta pode aceitar o paradigma educacional ditado pela sociedade ou propor modificações operacionais, estratégicas ou paradigmáticas. (...) [Existindo um] movimento de vaivém entre a escola e a sociedade e entre a reflexão e a prática pedagógicas* (2004: 37 e ss).

A função geral das organizações educativas, vimo-lo, poderá ser entendida, genericamente, como um contributo para a reprodução ou mudança da sociedade em que se inserem. Mas essa função geral pode ser decomposta em quatro subfunções: *função epistemológica, função cultural, função política, funções económica e social* (apresentadas no Quadro 3.1).

¹³² Para uma análise da teoria da reprodução social, v. Bourdieu e Passeron (2000[1970]).

QUADRO 3.1

As funções do paradigma educacional

| Funções | Definições |
|---------------------------|---|
| Função geral | Analogamente ao significado global de um paradigma sociocultural, remete para a função da organização educativa no seu conjunto, resumindo-a no projecto central que descreve em termos de reprodução ou mudança. |
| Função epistemológica | A forma de conhecimento que transmite, explícita ou implicitamente ou que aspira transmitir uma organização educativa; contribuição para a criação de um modo de conhecimento e forma de apreender a realidade. |
| Função cultural | Difusão de um modelo de criatividade (ou seja, de uma forma de mudar a realidade); difusão de uma imagem do que deveria ser a cultura; difusão de uma imagem da pessoa; difusão dos valores e interesses a promover. |
| Função política | Fornecer um tipo de instituição política conforme às orientações do campo paradigmático traduzidas em normas, leis e regras pelo sistema político dominante ou facilitar uma oposição às normas, leis e regras dominantes quando se tratar de um contra paradigma; difusão de um modelo de tomada de decisão. |
| Função económica e social | Transmissão ou contestação de uma concepção das relações entre a pessoa, a sociedade e a natureza; transmissão ou contestação de uma forma de executar; apresentação de uma imagem da permanência, da adaptação ou da transformação societal. |

Adaptado de Bertrand e Valois, 2004.

3.3 Educação em ciências nos ensinos básico e secundário

De seguida, apresentamos a educação científica numa perspectiva evolutiva das metodologias de ensino das ciências, desde o modelo curricular tradicional à educação em ciências com orientação ciência, tecnologia e sociedade (CTS). Apresentamos a génese e os objectivos da educação em CTS, assim como o papel dos professores e dos alunos neste contexto. Por fim, discutimos os constrangimentos à implementação da educação em CTS.

3.3.1 A educação em ciências: do modelo curricular tradicional de ensino/aprendizagem ao ensino/aprendizagem por mudança conceptual

Etimologicamente a palavra educar vem do latim *educare*, por sua vez ligado a *educere* – verbo composto do prefixo *ex* (fora) + *ducere* (conduzir, levar) –, significando, portanto, literalmente, ‘conduzir para fora de’¹³³. Ou seja, fazer com que o ser humano saia do seu estado *primitivo* ou *não social*, se quisermos, e se torne num ser social¹³⁴. Neste sentido, a sociologia da educação debruçar-se-ia sobre a generalidade das actividades humanas, na medida em que quase todas envolvem algum tipo de ensino e/ou aprendizagem (formal, informal ou não formal¹³⁵). A este propósito é então a

¹³³ Cf. Foulquié, 1978.

¹³⁴ No fundo, a educação é um mecanismo de socialização dos indivíduos. Lembremos a propósito, por exemplo, a noção de educação tal como defendida por Émile Durkheim em 1922: *L'éducation est l'action exercée par les générations adultes sur celles qui ne sont pas encore mûres pour la vie sociale. Elle a pour objet de susciter et de développer chez l'enfant un certain nombre d'états physiques, intellectuels et moraux que réclament de lui et la société politique dans son ensemble et le milieu spécial auquel il est particulièrement destiné* (2011: 8).

¹³⁵ Para uma distinção entre ensino formal, informal e não formal, vejamos as definições apontadas pelo Conselho Nacional de Educação – CNE. A educação formal é a educação que decorre nas escolas, nas universidades, nos institutos politécnicos e outras instituições de ensino acreditado. Isto é, a educação formal é a que ocorre no sistema regular de ensino. Este processo educativo tem currículos e regras de certificação bem definidas.

A educação não formal é a educação que ocorre fora do sistema formal de ensino, sendo complementar a este. É um processo organizado, cujos resultados da aprendizagem, geralmente, não são avaliados formalmente, embora o seu valor possa ser apreciado por avaliações externas e ter o mesmo grau de credibilidade que o ensino formal. A educação não-formal é voluntária, não hierárquica, e baseia-se na motivação intrínseca dos formandos, que voluntariamente procuram a aprendizagem. Toma em consideração as necessidades pessoais dos formandos e adequa-se a essas necessidades para responder às suas aspirações. E tem maior flexibilidade do que o ensino formal. É também por vezes associado à aprendizagem ao longo da vida no caso dos adultos. Ter-se-á difundido a partir da década de 1970, decorrente da ideia de que a mudança na educação não pode provir somente do sistema educacional formal (sobretudo se atendermos à população adulta), podendo e devendo partir de sectores mais alargados da sociedade e de organismos criados dentro da própria sociedade, como associações sem fins

expressão ‘educação’ utilizada para se referir aos sistemas educativos. A sociologia da educação – ou, se quisermos, a sociologia dos sistemas de ensino – centra-se na análise dos sistemas escolares¹³⁶. Todavia, embora centrada no estudo dos fenómenos escolares, não exclui do seu campo de análise as relações entre a escola e outras esferas do social, designadamente a familiar, económica, política ou cultural (Cherkaoui, 1994).

Desde sempre que é reconhecida grande importância educativa à ciência. Todavia, ela só passou a fazer parte dos currículos de ensino pré-universitário no fim do século XIX, numa associação directa com a importância que lhe foi sendo gradualmente atribuída em termos económicos, sociais e políticos (Pereira, 2007). Da profissionalização da ciência e da necessidade da sua compreensão pública, como anteriormente analisado, decorreram novas exigências para a educação científica pré-universitária e universitária.

A organização do ensino em função da melhoria da aprendizagem é uma premissa válida desde Comenius¹³⁷ (Moura, 2001), sendo a procura de uma relação estreita entre ambos um dos princípios basilares da didáctica. Por outras palavras, a didáctica preocupa-se em entender como se aprende e sobre modalidades de ensino que permitam potenciar essa aprendizagem. De acordo com Ana Carvalho, nada mudou

lucrativos e outras organizações e empresas criadas pela sociedade civil, os quais podem organizar cursos e outras formas de ensinar em que é ministrado um ensino, não conducente a um grau ou diploma, focado nas necessidades educativas do momento. O ensino não formal está associado às seguintes características: i) adapta-se facilmente a diferentes pessoas ou grupos sociais; ii) pode focar-se em diferentes tipos de objetivos; iii) a sua organização e métodos são flexíveis; e iv) não constituem necessariamente um encargo para o Estado.

A educação informal baseia-se no que aprendemos espontaneamente a partir do meio em que vivemos, das pessoas com quem nos relacionamos, das múltiplas experiências que se tem ao longo da vida, etc. A educação informal não é necessariamente organizada.

Em suma, a distinção que é feita entre os três tipos de educação assenta sobretudo na forma como estão organizados. A educação formal é a que acontece nas escolas, universidades, politécnicos e escolas profissionais que atribuem graus; a educação não formal é a educação organizada fora do sistema de ensino formal e a educação informal refere-se às restantes aprendizagens não organizadas, como interacção com a família ou amigos e todas as experiências pessoais ao longo da vida. Para mais detalhes, consultar <http://www.cnedu.pt/en/>. Por motivos de conveniência de redacção e leitura, quando ao longo deste trabalho nos referimos a educação, referimo-nos ao processo formal de ensino-aprendizagem. Outras formas de ensino (não formal e informal) são alvo de menção expressa nesse sentido.

¹³⁶ A análise dos sistemas escolares remete-nos para os mecanismos escolares, as entradas e as saídas. Os mecanismos prendem-se com a transmissão do conhecimento (divisão e hierarquização dos ramos do saber, conteúdos), pedagogias (forma como os conteúdos são transmitidos e meios – manuais, TIC – utilizados, emprego do tempo em função da importância social das disciplinas, natureza da relação professor/aluno) e avaliação (conjunto de regras manifestas e tácitas utilizadas na classificação do desempenho escolar dos alunos). As entradas remetem os actores principais do sistema – alunos e professores – e para a administração escolar. E, por fim, as saídas prendem-se com os resultados do funcionamento dos mecanismos de socialização e selecção, ou seja, com grau de assimilação de conhecimento e com as repercussões da aprendizagem no estilo de vida e no estatuto social final dos indivíduos. Cf. Mohamed Cherkaoui, 1994: 12.

¹³⁷ Jan Amos Komenský (1592-1670) – cientista, escritor e pedagogo checo; considerado o fundador da didáctica moderna (Walker, 2002). Cf. Comenius, 1657.

tanto nas sociedades nesta transição de século como o conceito de aprendizagem e, em particular, de aprendizagem das ciências (2002: 295).

A didáctica das ciências pode ser entendida como um campo de investigação que visa melhorar as condições de aprendizagem dos alunos e renovar metodologias do ensino científico (Astolfi *et al.*, 2002). Tendo nestes termos duas finalidades: por um lado, descrever e analisar os problemas mais significativos do ensino-aprendizagem das ciências e, por outro, elaborar e experimentar modelos que, à luz dos problemas detectados, ofereçam alternativas práticas, fundamentadas e coerentes (Porlán, 1998).

Como área de conhecimento disciplinar, a didáctica das ciências, surgiu apenas na década de 1950¹³⁸, associada ao desenvolvimento do ensino da ciência, na sequência de um conjunto de medidas político-económicas e educativas levadas a cabo nos países anglo-saxónicos, que visava impulsionar o seu crescimento científico e tecnológico (Cachapuz *et al.*, 2001; Fensham, 2004). Este movimento de reforma educativa surge em reacção aos modelos curriculares tradicionais de ensino da ciência – norteados por princípios da didáctica geral, centrados na exposição do professor e suportada por manuais escolares –, salientando a importância de manipulação de materiais e da descoberta. Nesta fase, a didáctica das ciências tinha subjacente uma concepção positivista da ciência (Aliberas, 1989).

A didáctica das ciências conhece um novo enfoque nas décadas de 1960 e 1970¹³⁹, em boa parte tributário dos contributos de Kuhn (2009 [1962]), Toulmin (1972) e Lakatos (1983 [1978]), a propósito dos debates que lançaram acerca da natureza das teorias científicas, do seu carácter relativo e evolutivo, e do papel que estas teorias desempenharam ao condicionar e dirigir, inevitavelmente, todo o processo de observação, interpretação e intervenção na realidade. Dessas reflexões, viria a resultar uma nova concepção de ciência, já não assente num conjunto de *verdades inquestionáveis*, mas antes orientadas pela ideia de um campo de actividade humana sujeito a condicionalismos de ordem variada, que procura oferecer em cada momento a melhor explicação possível para os fenómenos e, como tal, com conceitos relativos e sujeitos a profundas mudanças. Paralelamente, a ameaça nuclear no contexto da Guerra-

¹³⁸ Os seus quadros conceptuais assentam sobretudo na psicologia da educação, com um referencial teórico e orientações dominantes na área do construtivismo (Gil-Pérez *et al.*, 2002). Todavia, ao longo do tempo outras áreas de referência têm vindo a ganhar progressivamente expressão, como por exemplo a história da ciência, a filosofia da ciência, a sociologia da ciência ou a sociologia da educação (Lopes *et al.*, 2005).

¹³⁹ Que apesar de especificidades próprias, partilham um modo de encarar o professor e o aluno e de proporem um novo conceito de aprendizagem e uma nova metodologia para o ensino das ciências diferentes dos modelos curriculares tradicionais.

Fria e os problemas ambientais, confirmavam a perversidade possível na utilização da ciência e da tecnologia¹⁴⁰, ao mesmo tempo que se desvanecia o ideal de uma ciência objectiva e neutra perante a evidência dos interesses sociais e económicos implicados. A crise do positivismo científico-tecnológico viria, assim, a manifestar-se não apenas no plano social mas também no domínio do ensino da ciência (Abimbola e Hodson, 1983). E a didáctica das ciências viria a orientar-se para uma visão mais fenomenológica do objecto de estudo, para metodologias mais abertas e qualitativas e para uma concepção mais racionalista e relativista do conhecimento científico contemporâneo (Porlán, 1998).

Nos anos de 1980, a educação em ciências era orientada por uma concepção assente nos conhecimentos prévios dos estudantes¹⁴¹, que preconiza transformar as concepções alternativas¹⁴² dos alunos em contextos científicos concretos. Este novo referencial para o ensino e aprendizagem das ciências salienta o facto de que os alunos têm representações mentais sobre vários domínios do conhecimento e que as suas representações acerca dos conteúdos escolares são da maior importância para melhorar o ensino desses conteúdos e a prática pedagógica em geral.

¹⁴⁰ O nosso argumento vai no sentido de que o desenvolvimento científico e tecnológico pode envolver (tem envolvido ao longo da sua história, com efeito) a par de enormes benefícios, um conjunto de riscos e problemas para a humanidade, embora o perigo não resida no avanço científico e tecnológico, por si só, mas antes no mau uso que o homem dele pode fazer (e tantas vezes faz).

¹⁴¹ O designado *movimento das concepções alternativas* – e, por esta via, o ensino-aprendizagem da ciência por *mudança conceptual* –, encontra suporte teórico nas concepções filosóficas e psicológicas de diversos autores, de que destacamos os seus percursores: Jean Piaget e David Ausubel.

Piaget, por se ter debruçado sobre o estudo das representações do mundo que se formam espontaneamente nas crianças, no decurso do seu desenvolvimento intelectual e em resultado das suas experiências pessoais. Ideias, crenças, explicações causais e expectativas relativamente a fenómenos naturais que a criança constrói, gradualmente, para dar sentido às suas representações pessoais. Da vasta obra de Piaget, ver por exemplo, *Pedagogia* (1999 [1976]), na qual se apresenta uma compilação de textos sobre o ensino (produzidos entre 1930 e 1966), assim como um plano de acção inédito (de 1951) relativo às resoluções previstas no programa de base da UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Mais informações em: <http://en.unesco.org/>).

Ausubel, porque através da sua teoria de ensino-aprendizagem (*aprendizagem significativa*, por contraponto a uma *aprendizagem repetitiva, memorística ou mecânica*), propõe que os conhecimentos prévios dos alunos sejam valorizados, defendendo a ideia de que a aprendizagem será significativa e gratificante quando o ensino relacionar, de forma *substantiva e não arbitrária*, o que de novo se quer ensinar às informações de que os alunos já dispõem. Ou seja, a aprendizagem será significativa se os novos conhecimentos, conceitos e informações forem acrescentados às suas *estruturas cognitivas* com recurso aos seus mapas conceptuais, que possibilitam descobrir e integrar novos conhecimentos, informações e conceitos. Sendo através das aprendizagens significativas que os alunos constroem a realidade atribuindo-lhe significados. Para mais detalhes v., por exemplo, Ausubel, 2002[1968]), 1969; e Ausubel et al., 1978.

¹⁴² Concepções alternativas podem ser entendidas como as ideias perfilhadas pelas pessoas que, não consistindo em erros fortuitos, não coincidem todavia com as aceites pela comunidade científica; mas que ainda assim fazem sentido e são úteis para os que as possuem, porquanto são adequadas à resolução de problemas e à realização das suas tarefas enquanto cidadãos. Cf. Departamento de Ciências da Terra, da Universidade do Minho, *Concepções Alternativas e Mudança Conceptual* (disponível em <http://www.dct.uminho.pt/biogeoo/recursos/met/file1.pdf> [consultado em 26/08/2014]).

Daqui decorre então uma matriz epistemológica construtivista para o ensino das ciências. Tendo surgido várias propostas de ensino-aprendizagem de orientação construtivista, apresentadas como modelos distintos mas tendo em comum a ideia da aprendizagem como um processo de mudança conceptual (Halldén, 1999; Schnotz *et al.*, 1999; Sequeira e Duarte, 1991). Saliente-se que (re)construir não deve ser entendido neste contexto enquanto substituição dos conhecimentos intuitivos pelos conhecimentos científicos. De acordo com a matriz epistemológica construtivista, o ensino-aprendizagem dever-se-á processar de modo a que, sem abandonarem as ideias que trazem para as escolas, e que para eles continuarão a fazer sentido em situações do quotidiano, os alunos incorporem o conhecimento intuitivo no conhecimento científico (Pozo, 1996).

Para concretizar a sua dupla missão – de análise dos problemas mais prementes do ensino-aprendizagem da ciência e de proposta de modelos alternativos coerentes –, a didáctica das ciências tem vindo a desenvolver um conjunto de linhas de investigação que procura soluções para esses problemas. Da análise e caracterização das concepções dos alunos em vários domínios científicos curriculares, ampliaram-se as perspectivas teóricas até novos domínios epistemológicos e psicológicos do ensino-aprendizagem das ciências. Constituindo-se o construtivismo – assente nos pressupostos de base de que *a criança é artesã do seu próprio conhecimento* e de *todo o conhecimento se constrói a partir de conhecimentos anteriores* – como fundamento básico de novas abordagens. Paralelamente, implementaram-se estratégias no contexto da sala de aula, com o intuito de mobilizar e fazer evoluir as ideias dos alunos, provocando o seu questionamento e detectando os obstáculos que impediam a sua evolução (Arcà e Caravita, 1993). Ainda assim, de acordo com as autoras, a prática nas escolas não terá acompanhado as propostas de orientação construtivista, que embora acolhidas com grande interesse por boa parte dos professores não encontrou um contexto prático favorável às inovações didácticas por elas preconizadas.

E é neste sentido que Maria Arcà e Silvia Caravita defendem que uma renovação do sistema educativo, à luz de uma metodologia de ensino-aprendizagem centrada nas capacidades de construção cognitiva dos alunos, implica transformações no que diz respeito a *currículos e materiais didácticos* (a começar pelos manuais e livros de exercícios), *tempos e locais de aprendizagem* e *modalidades de avaliação*. Em seu entender, apenas num contexto que aceite e favoreça tais mudanças, os alunos poderão encontrar condições para alterar o seu próprio papel na escola, passando de *detentores*

ou *memorizadores* de noções, a *construtores autónomos de conhecimentos*, num sistema que *respeita os seus ritmos, interesses, erros e hesitações*. A par disso, alertam ainda para mudanças ao nível da formação inicial e contínua dos professores (1993: 94).

Mas esta perspectiva, baseada nas concepções dos alunos, ignora outros aspectos igualmente importantes no ensino-aprendizagem das ciências, votando-o a um grave reducionismo, o qual explica, pelo menos em parte, as limitações das estratégias de mudança conceptual (Osborne, 1996; Duschl e Gitomer, 1991; Shuell, 1987). As exigências metodológicas, epistemológicas e axiológicas inerentes à produção do conhecimento científico proporcionaram, então, um novo sentido e interesse às metodologias de ensino e aprendizagem da ciência, suscitando particular interesse pelas relações entre o trinómio *ciência, tecnologia e sociedade* – CTS¹⁴³; as atitudes dos alunos e dos professores face à ciência¹⁴⁴ e o ambiente escolar (e em particular da sala de aula)¹⁴⁵.

3.3.2 A educação em ciência, tecnologia e sociedade: uma nova forma de ensinar e aprender ciências

Começamos por apresentar a génese e os objectivos da educação em ciência, tecnologia e sociedade, para depois nos determos sobre o papel e o perfil do professor de ciências e do aluno no âmbito desta perspectiva de ensino científico nas escolas. Concluímos com uma discussão sobre os constrangimentos à implementação da educação em CTS.

¹⁴³ Sem prejuízo de uma análise mais detalhada adiante, sumariamente podemos dizer que a educação em ciências com orientação CTS remete para uma construção de conhecimentos associada a problemas de interesse para os alunos, e ao desenvolvimento de capacidades de tomada de decisões e de adopção de atitudes responsáveis e fundamentadas relativamente ao desenvolvimento científico e técnico e às suas consequências. Para mais detalhes, v. Solomon e Aikenhead, 1994; Solomon, 1995; Aikenhead, 1994a e 1994b.

¹⁴⁴ Que surgem como um factor determinante do processo de ensino-aprendizagem, baseado na ideia de que a forma mais eficiente de promover atitudes positivas em relação às ciências e ao seu ensino, em alunos e futuros professores, é a de melhorar o ambiente de aprendizagem e as relações professor-aluno, fomentando estratégias didácticas mais abertas e participativas dentro de um contexto bem organizado (Osborne *et al.*, 2003).

¹⁴⁵ Estes factores ambientais desempenham um papel relevante, na medida em também deles depende uma aprendizagem das ciências como uma actividade investigativa. Que, se acompanhada de apoio à reflexão, permite desenvolver a compreensão conceptual dos alunos e uma melhor aprendizagem acerca da natureza da ciência, dos seus métodos e das suas implicações sociais (Hodson, 1992a). O enfoque dá-se assim também nos professores (ao *que pensa e faz o aluno* acrescenta-se o *que pensa e faz o professor e a relação entre ambos*), e nos recursos disponíveis.

3.3.2.1 Génesse e objectivos

A tomada de consciência sobre a necessidade de harmonizar a dimensão conceptual da aprendizagem disciplinar das ciências com a sua dimensão formativa e cultural, é um marco importante de reconceptualização do ensino das ciências: a passagem de uma concepção do ensino-aprendizagem da *ciência pura* para uma abordagem de orientação *ciência, tecnologia e sociedade* (CTS) (Ziman, 1980, 1999; Gadea et al., 2009; Gil et al., 2002). Por outras palavras, não se pode conceber o ensino-aprendizagem das ciências desvinculada das discussões sobre os aspectos sociais que a ciência e a tecnologia comportam nas sociedades contemporâneas (Carvalho, 2002).

Se a ideia subjacente ao ensino da ciência nas décadas de 60 e 70 do século XX era a de *ensinar mais e melhor ciência*, na década seguinte surge associada à necessidade de *ciência para todos os cidadãos*, como meio de democratizar o uso social e político da ciência, a qual viria a consolidar-se nas décadas seguintes, chegando aos nossos dias como convicção firmada e crescente do contributo fundamental do ensino da ciência para a formação geral dos cidadãos, para a promoção da literacia científica das gerações futuras e para o reforço do exercício da sua cidadania (AAAS, 1990a e 1990b; Ziman, 1980; Miller e Osborne, 1998).

Tradicionalmente, o ensino das ciências tem-se caracterizado por se centrar na transmissão de conhecimentos, esquecendo – ou considerando que devem ser discutidos noutras esferas que não na da educação científica (Ziman, 1980) – aspectos históricos, económicos, políticos, sociais e as implicações da produção e aplicação da ciência e da tecnologia. Tal tem levado a que os alunos tenham uma imagem deturpada da actividade e comunidade científicas, que não atende às interacções entre a ciência, a tecnologia e a sociedade (Moreira, 2004).

A natureza e a complexidade das relações entre a ciência e a tecnologia, e entre estas e a sociedade não podem, mais do que nunca, ser ignoradas. E esta conjuntura urge ser conhecida, analisada e discutida pela sociedade em geral, e no âmbito da educação científica em particular, no sentido de, uma vez assumida a não neutralidade da ciência, se debater o avanço científico e tecnológico, assim como as implicações positivas e negativas deste avanço nas sociedades. A actualização dos sistemas educativos é, deste modo, inquestionável nas sociedades democráticas, modernas e dinâmicas, porquanto os sistemas educativos não mais podem menosprezar realidades como, por exemplo, a

iliteracia científica dos cidadãos em sociedades crescente e intrinsecamente ligadas à ciência e à tecnologia (Fontes e Silva, 2004).

E é justamente neste sentido que se pretende que o ensino da ciência incorpore um currículo e orientações de ensino/aprendizagem que elucidem sobre as relações ciência/tecnologia/sociedade, que sejam capazes de conduzir os alunos a uma imagem mais autêntica e realista da ciência e dos seus agentes e que seja, por essa via, capaz de formar cidadãos informados, críticos, conscientes dos seus direitos e deveres de cidadania e de participar democraticamente na sociedade (Moreira, 2004; Fontes e Silva, 2004). Todos os jovens necessitam estar preparados e ser orientados para as contingências da vida de adulto e para o mundo do trabalho (Ziman, 1980).

Da educação científica espera-se assim não só que transmita conhecimentos científicos que capacitem os alunos para as profissões que exercerão no futuro, mas também que os instrua para serem adultos com hábitos de aprendizagem ao longo da vida, capazes de pensar criticamente e de tomar decisões que os afectam no campo pessoal e social, muitas das quais convocam conhecimentos científicos (Solomon, 1993). No fundo, esta abordagem do ensino da ciências inclui não apenas a perspectiva cognitiva relacionada com a aprendizagem de conhecimentos científicos, mas também uma perspectiva comportamental associada à promoção do pensamento crítico e da literacia científica com vista à preparação dos alunos para uma vida adulta mais plena em termos pessoais e sociais, designadamente em termos de escolhas informadas e de exercício da cidadania e participação na sociedade.

A educação científica nos nossos dias assume-se, deste modo, como uma necessidade prioritária de desenvolvimento pessoal e social, remetendo para a noção de *alfabetização científica e tecnológica* (Fourez *et al.*, 1994; Gómez Crespo *et al.*, 2001; Gago, 1990). E, portanto, como um elemento básico da cultura geral de todos os cidadãos (National Research Council, 2003, 1996; Gil Pérez *et al.*, 2005; Bybee, 1997a e 1997b, Ziman, 1999, 1991, 1980).

Ao longo do século XX, como vimos capítulo 1, a imagem pública da ciência sofreu alterações significativas. Mas terá sido no último quarto desse século que se deu a mudança mais revolucionária, com a investigação sociológica da ciência a identificar as influências sociais e culturais a que a investigação científica está sujeita, e a mostrar a ciência como uma actividade humana, à semelhança das demais, e como produto sociocultural com impactos positivos e negativos para a sociedade (Fontes e Silva, 2004: 25).

Terá sido justamente decorrente dessa nova imagem da ciência e da tecnologia que surgiu uma abordagem educativa em ciência, tecnologia e sociedade, que teve início com John Ziman, em 1980, na sua obra *Teaching and Learning about Science and Society (ensinar e aprender sobre ciência e sociedade)*¹⁴⁶, na qual apresenta uma visão do ensino da ciência num contexto social.

Segundo Ziman (1980), o desenvolvimento de uma *educação em ciência, tecnologia e sociedade* – CTS, advém da importância da ciência e da tecnologia nas sociedades contemporâneas e do interesse económico, social, cultural e político que despertam. Partindo da ideia de que o principal defeito da educação científica tradicional é o de dar uma impressão *simples* da ciência e da tecnologia, o autor defende que a educação em CTS visa corrigir essa impressão ensinando sobre *ciência e tecnologia no seu contexto social*. O movimento de educação em CTS detém-se, acima de tudo, sobre a forma como convencionalmente a ciência é ensinada, mais do que sobre os tópicos que são ensinados. O objectivo é pois o de alargar os horizontes dos alunos, mostrando-lhes uma *imagem científica* do mundo natural, imbuída do espírito da própria ciência (criativo, crítico e rigoroso), socialmente contextualizada. Sem pretensões de dar a conhecer *todas as respostas para todos os problemas dos nossos tempos*, por oposição ao ideal do *currículo total* característico de boa parte do ensino tradicional, a ideia subjacente será a de, a propósito dos conteúdos curriculares, se escolherem exemplos que ilustrem o papel social da ciência e como funciona na realidade¹⁴⁷. Estabelecendo uma ligação entre os conhecimentos científicos e os problemas da humanidade e da terra, alcança-se um realismo difícil de obter de outro modo. Todavia, é necessário que o ensino sob esta perspectiva – que não se consubstancia numa disciplina mas antes deve fazer parte integrante dos conhecimentos e competências dos professores de ciências – mantenha o seu foco: ensinar sobre ciência e tecnologia na sua relação com a sociedade e não a mera discussão sobre assuntos sociais relacionados com ciência e tecnologia.

A educação científica ensinada nestes moldes proporciona uma determinada imagem do mundo, ao mesmo tempo que favorece atitudes pró-ciência e um estímulo à prossecução de carreiras científicas (Ziman, 1980). Partilhamos da ideia do autor

¹⁴⁶ Cf. Ziman, Z. (1980), *Teaching and Learning About Science and Society*, Cambridge, Cambridge, University Press.

¹⁴⁷ Do ponto de vista do autor, com grande mérito pedagógico, porquanto opera como um *antídoto às concepções abstractas*. Cf. Ziman, 1980.

quando afirma que, ainda assim, a educação em CTS não deve ser exclusivamente a favor (ou contra) a ciência e/ou a tecnologia (*a ciência e a tecnologia não são a panaceia para os problemas do mundo nem um monstro causador de todos os males das sociedades contemporâneas*); antes pelo contrário, deverá ser um meio de debate aos alunos, pautado pela diversidade de opiniões, pela tolerância e pela controvérsia.

As modificações que o conceito de ensino da ciência sofreu nas últimas décadas, faz com seja inconcebível transmitir às gerações vindouras a ideia de uma *ciência neutra e fechada sobre si mesma, de conteúdos completos e acabados*, pelo que um dos objectivos básicos actuais do ensino da ciência deverá ser, justamente, o de dar a conhecer a natureza da ciência e dos seus métodos, aludindo ao contexto societal em que se desenvolve e às implicações sociais da sua utilização (Lederman e Lederman, 2004; Lederman, 1992). E é neste sentido que trabalhos na área da história, sociologia, filosofia e epistemologia da ciência têm contribuído para a redefinição dos planos curriculares que se pretendem ensinar (Gadea *et al.*, 2009).

O movimento CTS tem vindo a adquirir importância ao longo da sua história, estando na origem de diversas reformas de educação em ciência em vários países, incluindo Portugal, designadamente através da revisão curricular do ensino secundário e em particular das áreas das ciências físicas e biológicas (Mestre *et al.*, 2004). Ideias como a interdisciplinaridade e a integração das ciências no seu contexto social, um clima de aula facilitador da aprendizagem, o enfoque na abordagem de temáticas do quotidiano dos alunos de cariz integrador (que facultem a articulação horizontal e vertical dos programas), a incidência na experimentação e investigação por parte de alunos e professores com vista à construção do conhecimento, a formação para a literacia e a cidadania, a formação de atitudes ou o desenvolvimento de espírito crítico são apenas alguns dos conceitos centrais que podemos salientar da nova revisão curricular do ensino secundário português (Ministério da Educação, 2001 e 2004c).

Internacionalmente destacam-se propostas e recomendações curriculares para o ensino das ciências como as avançadas pela: i) *American Association for the Advancement of Science* (designadamente através do *Project 2061: Science for All Americans* (1990), *Benchmarks for Science Literacy* (1990), *Blueprints for Reform – science, mathematics and technology education* (1998), *Atlas of Science Literacy, volume 1 and 2. Mapping K-12 science learning* (2001)); ii) pelo *National Research Council: National Science Educational Standards* (1996); e, no contexto europeu, *Beyond 2000: science education for the future*, Miller e Osborne, 1998).

A UNESCO, no âmbito da *Década da Literacia 2003-2012 (United Nations Decade of Literacy 2003-2012)* e da *Década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável 2005-2014 (United Nations Decade of Educational for Sustainable Development 2005-2014)*, aponta para a necessidade de se repensar a educação científica, tendo em vista: estimular a compreensão de questões e problemas actuais de modo a contribuir para que os seus destinatários exerçam, de forma informada, fundamentada, coerente e responsável a sua cidadania; englobar a vertente ambiental e de desenvolvimento sustentável, reflectindo as orientações curriculares actuais, que contemplam o desenvolvimento de literacias científica e ambiental, englobando a compreensão de problemas globais e as suas inter-relações com os contextos da vida e os problemas das comunidades em que os alunos se inserem, desde o nível local ao nacional e mundial (UNESCO, 2004; Torres, 2000).

As Orientações Curriculares, emanadas do Ministério da Educação português no que diz respeito aos ensinos básico e secundário, conferem explicitamente, pela primeira vez na história do nosso sistema educativo, uma atenção especial à importância da literacia científica, às relações ciência, tecnologia e sociedade e à formação de atitudes (Fontes e Silva, 2004), cujos temas organizadores são apresentados segundo esta perspectiva. Vejamos a este propósito dois exemplos.

A reorganização curricular (competências, currículo e planificação) do 1.º ciclo do ensino básico português prevê, no diploma legal que estabelece o programa de Estudo do Meio (que visa competências específicas das ciências físicas e naturais, da Geografia e da História¹⁴⁸), que *a aventura de partir à descoberta para conhecer o Meio – no sentido de pensar e actuar sobre ele – pressupõe o desenvolvimento de competências em três grandes domínios que se relacionam entre si: a localização no espaço e no tempo; o conhecimento do ambiente natural e social e o dinamismo das inter-relações entre o natural e o social* (2003a: 38). Detendo-nos no terceiro domínio considerado, podemos ler entre os vários parâmetros considerados, os seguintes: *reconhecimento da utilização dos recursos nas diversas actividades humanas e como os desequilíbrios podem levar ao seu esgotamento, à extinção das espécies e à destruição do ambiente; participação na discussão sobre a importância de procurar soluções individuais e colectivas visando a qualidade de vida; reconhecimento da importância da evolução tecnológica e implicações da sua utilização na*

¹⁴⁸ Cf. Ministério da Educação, 2004b (1990), disponível em: file:///C:/Users/Eugenia/Downloads/estudo_meio_prog_1cicloeb%20(2).pdf [consultado em 26/08/2014]; file:///C:/Users/Eugenia/Downloads/dr_202_1990%20(3).pdf [consultado em 26/08/2014]. E CALP *et al.*, 2003a, 2003b.

evolução da sociedade (ibidem). O programa preconiza ainda como competências específicas desejavelmente adquiridas no final do 1.º Ciclo, designadamente, a identificação dos principais elementos do meio físico e natural, a análise e compreensão das suas características mais relevantes e o modo como se organizam e interagem com vista à evolução das ideias pessoais na compreensão do meio envolvente; a análise crítica de algumas manifestações humanas de intervenção humana no Meio e a adopção de um comportamento de defesa de recuperação do equilíbrio ecológico; a identificação de alguns objectos e recursos tecnológicos, reconhecendo a sua importância na satisfação de determinadas necessidades humanas e adopção de uma postura favorável ao seu desenvolvimento (ibidem).

Num segundo exemplo, analisemos o caso do programa de Biologia e Geologia dos 10.º e 11.º anos de escolaridade¹⁴⁹. No diploma legal que o estabelece podemos ler, no Ponto 1 – Finalidades da disciplina, que *muitas das questões que afectam o futuro da civilização vão procurar respostas nos mais recentes desenvolvimentos da Biologia e da Geologia (...) para as quais não basta encontrar respostas tecnológicas. É necessário, para além destas, uma mudança de atitudes por parte do cidadão e da sociedade em geral. Para que esta mudança de atitudes se verifique, impõe-se uma literacia científica sólida que nos auxilie a compreender o mundo em que vivemos, identificar os seus problemas e entender as possíveis soluções de uma forma fundamentada, sem procurar refúgio nas ideias feitas e nos preconceitos. A consciencialização e a reflexão críticas sobre esses desafios são inadiáveis, sob pena de uma crescente incapacidade dos cidadãos para desempenharem o seu papel no seio da democracia participada e em garantirem a liberdade e o controlo sobre os abusos de poder e sobre a falta de transparência nas decisões políticas. O programa dos 10º e 11º anos de Biologia e Geologia pretende ser uma peça importante e participar activamente na construção de cidadãos mais informados, responsáveis e intervenientes (...) o programa não deve ser apenas pensado e dirigido para alunos que possam seguir uma carreira profissional nestas áreas, mas também para indivíduos a quem a sociedade exige, cada vez mais, uma participação crítica e interventiva na resolução de problemas baseados em informação e métodos científicos. (...) a necessidade de fornecer quadros conceptuais integradores e globalizantes que facilitem as aprendizagens significativas. (...) ... destaque a temas actuais com impacto na protecção do ambiente, no desenvolvimento sustentável, no exercício da cidadania. (...) As finalidades que presidiram à elaboração deste programa estão marcadas pela adopção, à partida, de alguns princípios onde subjaz uma orientação construtivista: - a aprendizagem das ciências deve ser entendida como um processo activo em que o aluno desempenha o papel principal de construtor do seu próprio conhecimento; os conhecimentos prévios dos alunos condicionam as*

¹⁴⁹ Ministério da Educação, 2001 (disponível em: file:///C:/Users/Eugenia/Downloads/biologia_geologia_10.pdf [consultado em 26/08/2014]).

suas aprendizagens, necessitando o professor de estabelecer conexões entre os conceitos e os modelos explicativos que os alunos possuem e os novos conhecimentos; ao professor cabe a tarefa de organizar e dirigir as actividades práticas dos alunos, servindo-se para esse efeito de problemas que, de início, possam suscitar o seu interesse, facilitando as conexões com os seus conhecimentos prévios e estruturando novos saberes; a avaliação, parte intrínseca do processo de ensino e aprendizagem, deve ser entendida como uma oportunidade para introduzir correcções nesse mesmo processo, privilegiando-se uma diversificação nos tipos de avaliação utilizados, nos instrumentos produzidos e nos momentos da sua aplicação. A uma avaliação dos aspectos conceptuais é importante associar uma avaliação de aspectos procedimentais e atitudinais; - a Ciência deve ser apresentada como um conhecimento em construção, dando-se particular importância ao modo de produção destes saberes, reforçando a ideia de um conhecimento científico em mudança e explorando, ao nível das aulas, a natureza da Ciência e da investigação científica. (...) objectivos que presidiram à selecção e organização dos conteúdos programáticos (conceptuais, atitudinais e procedimentais) (...) incluem-se: interpretar os fenómenos naturais a partir de modelos progressivamente mais próximos dos aceites pela comunidade científica; aplicar os conhecimentos adquiridos em novos contextos e a novos problemas; desenvolver capacidades de selecção, de análise e de avaliação crítica; desenvolver capacidades experimentais em situações de indagação a partir de problemas do quotidiano; desenvolver atitudes, normas e valores; promover uma imagem da Ciência coerente com as perspectivas actuais; fornecer uma visão integradora da Ciência, estabelecendo relações entre esta e as aplicações tecnológicas, a Sociedade e o Ambiente; - fomentar a participação activa em discussões e debates públicos respeitantes a problemas que envolvam a Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente. (...) compreender os princípios básicos do raciocínio geológico; conhecer os principais factos, conceitos, modelos e teorias geológicas; interpretar alguns fenómenos naturais com base no conhecimento [biológico/] geológico; aplicar os conhecimentos [biológicos/]geológicos adquiridos a problemas do quotidiano, com base em hipóteses explicativas e em pequenas investigações; 9 - desenvolver competências práticas relacionadas com a [Biologia/]Geologia; reconhecer as interacções que a [Biologia/]Geologia (...)estabelece com as outras ciências; valorizar o papel do conhecimento [biológico/]geológico na Sociedade actual (Ministério da Educação, 2001: 3 e ss).

As mudanças em educação costumam ser muito lentas – não atingindo maturidade ou expressão significativa normalmente senão duas décadas após a sua implementação, porque há que atender à formação inicial de novos professores, à formação contínua dos professores no activo, aos manuais escolares e aos vários recursos disponíveis (Ziman, 1980). Esta inovação educacional tem feito alguns

progressos (como vimos, em Portugal têm surgido reformas nesse sentido¹⁵⁰), mas os estudos tendem a mostrar que o movimento para a educação em CTS ainda é fraco por comparação com o que pretende atingir, sendo desenvolvido quase sempre por profissionais de educação entusiastas e empenhados (Moreira 2004; Fontes e Silva, 2004; Ziman, 2000, 1980).

Nestes termos, se queremos formar jovens dinâmicos, críticos, participativos e capazes de se inserirem facilmente numa sociedade como a actual, é imperativo que se mudem as metodologias nas aulas de ciências (no sentido de métodos activos, trabalho de projecto, potenciando situações de comunicação ou de descoberta, trabalho em grupo cooperativo) (Perrenoud, 1995, 2001; Abrantes, 1989). Revela-se decisivo propor actividades aos alunos diferentes daquelas que tradicionalmente lhes são oferecidas, por forma a possibilitar-lhes diversificadas experiências de aprendizagem significativa, activa, integradora e socializadora; capaz de desenvolver nos alunos os conhecimentos, capacidades e atitudes fundamentais para a desejada integração pessoal e profissional na sociedade.

Em suma, a educação científica com orientação CTS na escola visa:

- motivar os alunos para a aprendizagem da ciência, tornando a ciência mais aliciante (se às explicações racionais da ciência, se adicionar, por exemplo, a introdução da discussão de temas controversos e explorando os seus aspectos éticos e sociais);
- promover uma visão social da ciência e da tecnologia, remetendo para a sua contextualização social, económica, política e ética;
- desenvolver o pensamento crítico e a independência intelectual dos alunos;
- promover a literacia científica dos alunos com vista ao exercício responsável da cidadania e à capacidade de tomada de decisões pessoais, profissionais e sociais conscientes.

¹⁵⁰ A nova reorganização curricular do ensino básico – no qual o ensino da ciência é encarado como um elemento fundamental da formação dos alunos e se prevê o ensino/aprendizagem de muitos conhecimentos científicos – inclui já uma abordagem CTS.

3.3.2.2 Professores inspiradores e alunos inspirados? O papel do professor e do aluno na educação em CTS.

Segundo Mathews (1994), o final do século XX foi marcado por uma profunda alteração nos objectivos da educação científica, a qual afectou o conceito dos currículos escolares em ciência. Os alunos deverão ser estimulados a exercitar as capacidades de raciocínio e espírito crítico; e os professores deverão alertá-los para as razões sociais, históricas e éticas que se podem colocar a propósito dos conhecimentos científicos, em vez de lhes oferecerem respostas definitivas ou de lhes impor pontos de vista. O que significa que aprender ciência (e aprender sobre ciência) deve consubstanciar-se em inculcar nos alunos uma forma diferente de pensar e explicar o mundo, o mesmo será dizer que para além da transmissão dos conhecimentos científicos importa também dar a conhecer os métodos e as práticas da comunidade científica, e as implicações sociais da utilização da ciência e da tecnologia (Driver *et al.*, 2004, 2000; Driver, 1991).

No contexto desta nova perspectiva da didáctica das ciências, como referido por Coll (1999), importa salientar a importância do papel do professor, na medida em que se a definição de objectivos claros em termos de educação científica não for acompanhada com uma prática efectiva perde todo o seu significado. Em seu entender, a educação científica nos moldes apresentados por esta nova abordagem didáctica só terá validade se tiver uma prática correspondente por parte dos professores nas suas aulas e se daí resultar uma aprendizagem significativa dos seus alunos.

Mas isso requer muita sabedoria por parte do professor. Não há uma *fórmula* ou um *manual prático* através dos quais o estudo da ciência em contexto social possa ser abordado; o que é necessário é uma perspectiva através da qual cada conteúdo disciplinar científico pode ser socialmente contextualizado e discutido. O movimento de CTS assenta numa profunda preocupação por demonstrar uma conexão entre o conhecimento científico e os problemas a uma escala mundial. Muitos cientistas estão profundamente envolvidos na resolução de alguns deles. Donde, faz todo o sentido que a perspectiva de tal envolvimento faça também parte da formação inicial dos futuros professores e da formação contínua dos professores actuais¹⁵¹ (Ziman, 1980). Por outras palavras, ensinar sobre a ciência nos nossos dias requer dos professores de ciências

¹⁵¹ Veja-se a propósito, um exemplo de um programa de formação de professores de ciências com uma orientação ciência-tecnologia-sociedade/pensamento crítico [CTS/PC], Magalhães e Tenreiro-Vieira, 2006.

igualmente grandes capacidades de pensamento social, e uma maior consciência do que é a natureza da ciência e o seu contexto social, por forma a lançar a discussão sobre as suas potencialidades e limitações, vantagens e desvantagens.

Deste modo, parece evidente que os professores, à semelhança dos alunos (e tendencialmente dos cidadãos em geral), precisam de ser aprendizes activos ao longo da vida (Vieira *et al.*, 2011).

Segundo Fontes e Silva, *a abordagem CTS procura organizar o ensino da ciência na escola em torno de assuntos e temas científicos com implicações sociais, promovendo a curiosidade, a exploração de possíveis explicações de diversos factos, a pesquisa e a discussão, realçando assim a questão da responsabilidade e autonomia do aluno* (2004: 41).

Independentemente da disciplina científica ou do nível de ensino, o objectivo do professor é o de transmitir aos seus alunos uma representação esquemática baseada em dados observacionais (inclusivamente experimentais). Treinar práticas técnicas é uma parte importante da educação científica. A ciência assenta fortemente em teoria, e o objectivo das práticas laboratoriais e da resolução de exercícios é a de ilustrar e reforçar o conhecimento teórico; não havendo dúvida do valor educacional de tais exercícios para aumentar a credibilidade dos mapas abstractos da teoria (Batista e Araman, 2009; Ziman, 1980). Tem havido um movimento na educação científica no sentido de os alunos *descobrirem* por si próprios através da prática laboratorial. (Bruner, 1977, 1971; Ziman, 1980; Vasconcelos *et al.*, 2003). Esta oportunidade tem de ser acompanhada por um currículo de ensino da ciência que tenda fortemente nessa direcção e por uma nova atitude face aos tradicionais métodos de ensino científico. Esta atitude é favorecida por professores de mente aberta (dos quais se requer largo trabalho de pensamento, formação inicial e contínua) e também de uma política educativa em consonância com tais objectivos (Vieira *et al.*, 2011).

O papel e o perfil do professor são decisivos para o sucesso do ensino em CTS. A ele compete-lhe assegurar a transmissão de informação científica relevante para o tema em apreço, ser fonte de apoio e de aprendizagem de segunda ordem, sendo capaz de organizar, orientar, encorajar e desafiar; o que pressupõe que tenha a formação e as competências necessárias para tal missão (Fontes e Silva, 2004). Apresentamos de seguida (no Quadro 3.2) uma sistematização do perfil e do papel que desejavelmente o professor deve ter para desenvolver com eficácia os objectivos em educação em CTS.

QUADRO 3.2

Perfil e papel do professor que responde com eficácia aos requisitos curriculares de uma abordagem em ensino CTS

- Construtor de um ambiente estimulante e acolhedor: rico em recursos humanos e materiais;
- Exemplo de investigador curioso e incessantemente ávido por conhecer e descobrir;
- Ensinar é comunicar. Uma comunicação eficaz pressupõe, primeiramente, que se saiba do que se fala. Assim, a competência científica dos professores de ciências deve ser um processo baseado em formação inicial e contínua consentânea com os objectivos CTS. O professor deve ter interesse e gosto por aprender toda a vida, e tirar partido de todas as situações que lhe permitam um enriquecimento do seu conhecimento científico (e o ensino da ciência a crianças e jovens é não só um estímulo mas uma enorme fonte de inspiração diária, no contexto da sala de aula e fora dela);
- Estimulador de autoconceito (próprio e em cada aluno);
- Estimulador de questões desafiantes sobre os temas (sobretudo as que remetem para o que se aprendeu e para a vida quotidiana);
- Salienta a importância da cultura científica e relaciona-a com a vida diária;
- Permite que a sala de aula seja *invadida* pelo mundo exterior (o aluno pode trazer para discussão temas e objectos de estudo que lhe foram apresentados fora da escola);
- Deve agarrar todas as oportunidades de os alunos (e ele próprio) aprenderem, sendo flexível em programas e horários;
- Dedicar o tempo necessário para concluir com eficácia os projectos iniciados;
- Ser ambicioso, traçando (e alcançando) objectivos que outros professores não alcançam ou sequer equacionam (numa óptica de ser diferente, em prol do que é melhor para os seus alunos, e para si próprio enquanto professor empenhado). Desses objectivos podem constar: uma melhor compreensão dos fenómenos científicos, uma maior capacidade de reflexão crítica, formação de atitudes, capacidade de tomar decisões informadas e mais cultura científica.

Parcialmente adaptado de Fontes e Silva, 2004.

Todavia, é fundamental realçar que a importância do professor no ensino em CTS decorre dos motivos que acabámos de enunciar; logo, em oposição à função eminentemente expositiva, e de quem exerce autoridade face aos seus conhecimentos científicos e se sobrepõe ao papel dos alunos –, característica do ensino tradicional das ciências. Ou seja, em que *quase tudo se reduz ao professor injectar nos alunos 'matérias' que centralmente são definidas e obrigatórias dar ao longo do ano, importando sobretudo os resultados finais obtidos pelos alunos nos testes sumativos – afinal quem mais ordena – enquanto produtos acabados e que são os elementos principais para a atribuição de uma classificação. Cumprir o programa e preparar para os exames é compreendido como aprender o programa* (Cachapuz, Praia e Jorge, 2000: 7).

Ensinar já não se baseia (desejavelmente) na transmissão de conhecimentos do professor para o aluno. Nos nossos dias, os alunos recebem informações através das mais variadas fontes, sobretudo dos meios de comunicação social (e em particular da internet e da televisão). Ao professor compete, face a esta realidade, orientar os alunos na selecção e organização dessas informações desconexas e conduzi-los a uma reflexão crítica sobre os fenómenos, promovendo deste modo a sua autonomia no processo de aprendizagem. (Estanqueiro, 2010).

Ao aluno, que ocupa um lugar de destaque na abordagem CTS, um ensino das ciências em CTS preconiza um papel activo nas suas aprendizagens, ou seja, de co-construtor do seu conhecimento (substancialmente diferente da *aprendizagem por transmissão*, cuja avaliação assenta sobretudo na capacidade de reprodução fiel do que foi transmitido pelo professor e/ou consta no manual escolar) (Vasconcelos *et al.*, 2003). Nestes termos, o aluno deixa de ser um entendido como um actor passivo e passa a ter a missão de explorar as formas de procurar, seleccionar, analisar e discutir a informação (Fontes e Silva, 2004).

Serão, então, professores inspiradores e alunos inspirados a *chave da porta para um novo mundo da educação científica?*...

3.3.2.3 Constrangimentos à implementação da educação em CTS

Segundo Fontes e Silva, a implementação do ensino das ciências nas escolas portuguesas, nos moldes anteriormente descritos, não tem sido fácil, devido a um

conjunto de factores interligados, e que passam designadamente *pelos professores, pelos programas e pelos próprios recursos didácticos. Para além de a cultura científica de muitos professores ser reduzida, o seu conhecimento da perspectiva CTS no ensino das ciências é escasso, apesar de ser abordado nas disciplinas de didácticas específicas para quem se formou mais recentemente. Alguma formação nesta área tem vindo a ser conseguida apenas através de formação pós-graduada, em cursos de mestrado em ensino/educação em ciência, mas a quantidade de professores que procura colmatar lacunas na sua formação nesta área é ainda muito reduzida. Sem conhecimentos apropriados, e sujeitos a programas escolares rígidos e extensos com uma avaliação externa em provas nacionais, a selecção de temas relevantes e mais interessantes para os alunos e a adopção de novas metodologias de trabalho torna-se uma tarefa difícil*” (2004: 54).

Os objectivos da educação em CTS são, inegavelmente, ambiciosos e difíceis de avaliar¹⁵². Ainda assim, segundo autores como Aikenhead ou Solomon são reais e consistentes, na medida em que os estudos sobre programas CTS implementados¹⁵³ demonstram melhorias, em comparação com o ensino tradicional da ciência, no que concerne: à contextualização social dos temas científicos curriculares; às atitudes face à ciência, às aulas de ciências e às profissões científicas; às capacidades de pensamento científico; à capacidade de utilização dos conhecimentos científicos na vida quotidiana. Noutro sentido, esta abordagem também não parece estar afectar a aprendizagem dos conteúdos considerados fundamentais às várias disciplinas científicas nem a comprometer os resultados académicos (Aikenhead, 1994a; Solomon, 1995, 1993; Solomon e Aikenhead, 1994).

As instituições educacionais são compostas por grupos sociais, onde se dá muita transferência de conhecimento científico, mas essa transmissão de conhecimento extravasa em muito a sala de aula, e, se quisermos, a própria escola, já que esta não se encontra isolada da sociedade onde está inserida (Ziman, 1980). Da complexidade dos fenómenos sociais resulta ainda que a escola (ensino formal) se entrecruze, através de parcerias várias, com outras instituições e acções. A que acresce o facto de a imagem pública da ciência e a compreensão pública da ciência se construírem também num

¹⁵² Objectivos como o da *promoção de cidadãos informados que exercem democraticamente a sua cidadania* não são, de facto, de fácil avaliação.

¹⁵³ A maioria dos projectos e programas implementados assenta em objectivos mais simples: a promoção do interesse dos alunos pela ciência e tecnologia; a melhoria do seu espírito crítico, pensamento lógico e capacidade de resolução de problemas e tomada de decisões; o aumento do seu interesse nas relações entre ciência, tecnologia e sociedade; e o aumento da literacia científica dos cidadãos (Fontes e Ribeiro Silva, 2004: 40).

contexto não formal, tendo a este propósito os meios de comunicação um papel importante (Ziman, 1980). Esta é uma perspectiva que discutiremos com detalhe, na Parte III – Dinâmicas e Contextos de Ensino e Aprendizagem da Ciência.

A educação, e a educação em ciências em particular, sempre foi alvo de apaixonados debates – a propósito da sua importância, objectivos, métodos de ensino/aprendizagem, sucesso/insucesso... Hoje sê-lo-á, porventura mais do que nunca, pelo papel que o conhecimento representa para o ser humano no contexto das sociedades em que vive. Sendo indiscutível que educação científica é, nos nossos dias, desejavelmente uma tarefa de todos – professores, alunos e instituições de ensino, mas também famílias, decisores políticos (locais, regionais, nacionais e supranacionais), organizações civis, comunidade científica, instituições culturais – em que cada um tem um papel importante a desempenhar.

PARTE II

**A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA
COMO PROBLEMA SOCIOLÓGICO**

A Parte II – *A Educação Científica como Problema Sociológico*, é composta por dois capítulos. No capítulo 4, debruçamo-nos sobre a problematização sociológica do nosso objecto de estudo: a educação científica de crianças e jovens dos ensinos básico e secundário – na e a partir da escola. Tecendo algumas considerações sobre a educação científica como problema sociológico no contexto da sociedade do conhecimento (definindo o nosso objecto de estudo e traçando os objectivos específicos do presente trabalho). No capítulo 5, fazemos referência à metodologia adoptada.

Capítulo 4

A Educação Científica e o Desafio de Caminhar Rumo a uma Sociedade Cientificamente Literata. Do problema social ao problema sociológico

Neste capítulo, debruçamo-nos sobre a problematização sociológica do nosso objecto de estudo: a educação científica de crianças e jovens dos ensinos básico e secundário – na e a partir da escola (que consistiu na análise mais prolongada, aprofundada e sistemática, através de estudos de caso em escolas e onde elas nos levaram), mas que decorreu de trabalhos prévios no âmbito de educação formal, não formal e informal (designadamente através de algumas incursões exploratórias em escolas um pouco por todo o país, e também de uma exposição e de um concurso de promoção de cultura e literacia científicas).

Ao longo do século XX, a imagem da ciência e da tecnologia foi sofrendo alterações, tendo sido a partir do último quarto do século XX que se operou a mudança mais revolucionária, com a investigação sociológica da ciência (Fontes e Silva, 2004). A tomada de consciência das influências sociais e culturais a que a investigação científica está sujeita, operou uma *dessacralização* da ciência, passando esta a ser entendida como actividade humana e produto sociocultural com consequências positivas e negativas para a sociedade. Segundo Aikenhead (1994a, 1994b), temos vindo a assistir a uma crescente socialização da ciência, o que faz com que actualmente esta esteja de tal forma socializada que se confunde com a própria sociedade, assumindo uma indiscutível responsabilidade social.

Prevê-se que o futuro produza alterações radicais nas condições da existência humana e que a ciência e a tecnologia estejam no centro dessas mudanças. Daí que uma sociedade crescentemente dominada pela ciência e tecnologia requeira cidadãos com capacidades de compreensão e atitude crítica e independente face ao mundo que os rodeia (AAAS, 1990a).

Tendo a ciência e a tecnologia um papel potenciador do desenvolvimento das sociedades e sendo a ciência um fenómeno social¹⁵⁴, só o debate alargado sobre ciência e tecnologia pode tornar insustentável o atraso científico português (Gago, 1990). De facto, a actividade científica é uma actividade social que, como qualquer outra, se

¹⁵⁴ Devendo ser encarada como uma prática social, desenvolvida em contextos e por agentes sociais, através de processos sociais e cujos resultados têm consequências sociais. Esta perspectiva, segundo Pinto (1997, 2001), deverá ajudar a alcançar níveis crescentes de racionalidade, objectividade e responsabilidade na actividade científica.

caracteriza por um sistema de normas e recompensas (Merton, 1973), tendo assumido a partir da década de 1960 maior visibilidade na vida e consciência sociais, possibilitada por sociedades com crescentes dinâmicas de incorporação de aquisições científicas e tecnológicas e consequentes impactos sociais¹⁵⁵.

A tomada de consciência das influências mútuas entre sociedade e sistema de ciência e tecnologia apela à capacidade dos cidadãos para lidar com os fenómenos científicos e tecnológicos, assim como ao seu interesse pelas consequências sociais da actividade científica. E esta realidade só pode ser apreendida por uma população cada vez mais alfabetizada cientificamente. Para Solomon (1995) a literacia científica dos cidadãos é um dos pré-requisitos essenciais ao exercício de uma cidadania responsável. Por outras palavras, cidadãos cientificamente alfabetizados lidam melhor com as questões sociais levantadas pela ciência, agem de forma mais responsável, aplicam a ciência na resolução dos problemas do quotidiano e estão mais conscientes da importância da sua participação em tomadas de decisão.

É neste contexto que Gago (1990) notou ser particularmente importante detectar mecanismos que desenvolvam um *país científico*, seja por via da formação de cientistas, seja por via da *alfabetização* científica básica e generalizada. E, nessa medida, a escola tem uma responsabilidade importante, já que continua a ser um elemento fundamental de educação científica e, por essa via, de promoção da literacia científica das gerações actuais e futuras.

Partindo da ideia de que nas sociedades contemporâneas somos confrontados com a necessidade de conhecimentos científicos com vista à tomada de decisões que afectam todos e cada um de nós, importa caminhar no sentido de uma sociedade composta por cidadãos aptos a lidar com a ciência. E o desafio de caminhar para uma sociedade cientificamente literata e com cidadãos melhor preparados para lidar com os fenómenos científicos e tecnológicos remete para uma aposta fundamental na educação científica e tecnológica (Solomon *et al.*, 1995), dado que *a escola continua a ser um dos principais redutos de produção e difusão do pensamento científico* (Sebastião, 1998; Ziman, 1991, 1980; Grilo, 2002).

Todavia, apesar de nas instituições educativas se dar muita transferência de conhecimento científico e de continuarem a ser o baluarte da educação científica de crianças e jovens, a educação científica tem na sua vertente formal – a escola – *uma* das

¹⁵⁵ Como discutido em detalhe por Costa (1996).

suas vertentes possíveis. Nos nossos dias, a complexidade do fenómeno social da educação, e da educação científica em particular, decorre do facto de a escola se entrecruzar (através de parcerias várias) com outras instituições e acções (em modalidades de ensino formal, não formal e informal)¹⁵⁶, e de os seus principais protagonistas (os alunos) construírem eles próprios a sua educação e literacia científicas num contexto informal (tendo a este propósito os meios de comunicação um papel importante) (Ziman, 1980).

Foi neste contexto que surgiu a investigação que agora apresentamos. Em que se procurou fazer uma análise dos agentes, dos locais e dos processos sociais envolvidos na educação científica de crianças e jovens dos ensinos básico e secundário em Portugal. Sendo a questão orientadora da nossa pesquisa: quem participa, onde e de que modo no processo de formação de base científica de crianças e jovens?

Decorrente do facto de que a realidade social é sempre mais plurifacetada do que à primeira vista deixa transparecer, procurámos identificar e aprofundar as interligações do quotidiano subjacentes ao ensino/aprendizagem das ciências. A ideia principal terá sido, então, a de, por analogia a uma abordagem d' *a ciência tal qual se faz*, procurarmos fazer uma análise sob a perspectiva d' *o ensino/aprendizagem da ciência tal qual se faz*. Tratando-se de captar e fazer uma caracterização fina – a partir da escola e de outros domínios de educação científica – dos processos institucionais de educação científica, das aprendizagens formais, não formais e informais, das redes sociais, da didáctica das ciências subjacente, e dos processos de comunicação e de negociação de actividades.

Concretamente, o objectivo deste trabalho foi o de proceder à análise de alguns aspectos da educação científica (e, em última instância, do processo de formação da literacia científica de crianças e jovens), centrada essencialmente na educação científica em contexto escolar, e nas interligações que a partir daí se estabelecem. Da contextualização teórica existente e da experiência acumulada sobre educação científica de crianças e jovens, apuraram-se como relevantes elementos de análise os seguintes:

¹⁵⁶ Porquanto a escola não está isolada da sociedade em que está inserida. Existindo, de facto, uma rede complexa de relações entre a escola e outras instituições sociais e acções de natureza diversa (que podem envolver parcerias com universidades ou institutos politécnicos, com museus ou programas de difusão e promoção de cultura e literacia científicas, com centros de formação, órgãos políticos locais, regionais, nacionais e internacionais, entre muitas outras existentes).

- estratégias de ensino e inovações educacionais implementadas pelos profissionais de educação (nomeadamente as relacionadas com uma abordagem de ensino/aprendizagem em ciência/tecnologia/sociedade);
- relação professor/aluno;
- abertura da escola ao exterior (relação de professor e alunos com indivíduos e/ou instituições externos ao ambiente escolar e à sala de aula, nomeadamente as que remetem para parcerias ou acções pontuais de formação científica – visitas de estudo, palestras, participação em concursos científicos, grau de proximidade e envolvimento com instituições e comunidade locais, regionais, nacionais ou internacionais);
- identificação de boas-práticas em diversas áreas da actividade docente. Concentrando a atenção no desempenho de professores dos ensino básico e secundário no que diz respeito à gestão da aula e à relação pedagógica.

O aprofundamento do conhecimento nesta área pareceu-nos pertinente porquanto é sabido que, apesar da sua importância e dos progressos feitos em Portugal (particularmente a partir da segunda metade da década de 1990), a educação científica escolar que promove efectivamente cidadãos cientificamente literatos é desenvolvida quase exclusivamente por professores empenhados e entusiastas. Não se tendo ainda atingido uma tradição intelectual nem experiência institucional não formal de suporte ao processo de educação científica das populações¹⁵⁷. E ainda que a maioria das pessoas deixa de ter uma educação científica sistemática ao longo da vida quando abandona a educação formal (Fontes e Silva, 2004; Ziman, 1980). Nestes moldes, encaramos a educação científica como uma actividade humana cujos métodos, práticas e tradições importa conhecer, e acreditamos que, à semelhança do que John Ziman defende a propósito dos estudos sociais acerca da actividade científica, uma (esta) análise sociológica possa (desejavelmente) ser de utilidade à compreensão de como é que o ensino e aprendizagem da ciência operam na prática, e procurámos fazê-lo na perspectiva de identificação e análise de boas-práticas. Dos resultados obtidos, daremos conta na Parte III – Dinâmicas e Contextos de Ensino e Aprendizagem da Ciência.

¹⁵⁷ Ainda que iniciativas como o Pavilhão do Conhecimento – Ciência Viva, e concretamente o Programa Ciência Viva, sejam excelentes para contrariar esta tendência, sobretudo entre as camadas mais jovens da população. Para mais detalhes ver, por exemplo: Conceição (2011), <http://www.pavconhecimento.pt/home/>, e <http://www.cienciaviva.pt/home/>.

Capítulo 5

O caminho faz-se fazendo. Considerações metodológicas

*Descobrir requer que se pesquise abaixo
da superfície da interacção humana*

Graue e Walsh, 2003

Levar a bom porto uma investigação sociológica requer a delineação de uma estratégia metodológica adequada. Segundo Costa, a investigação sociológica supõe *a realização de pesquisa empírica, ou observacional, em sentido lato, implicando recolha e análise de informação sobre o objecto de estudo – recolha e análise essas efectuadas de maneira teoricamente informada e metodologicamente reflectida, e utilizando de forma controlada instrumentos técnicos e procedimentos operatórios apropriados* (1999: 8).

A metodologia, entendida genericamente como a *organização crítica das práticas de investigação* (Almeida, 1990: 85), deve ser definida em estreita relação com a investigação que se pretende realizar. Cada investigação concreta deve, assim, adoptar um método de pesquisa e seleccionar as técnicas mais adequadas à obtenção dos melhores resultados possíveis face aos objectivos traçados. Dito de outro modo, a metodologia não deverá ser pensada como algo uniforme ou padronizado, na medida em que a delimitação do problema de estudo, a selecção das técnicas de investigação e toda a organização da prática investigativa não podem ser definidas abstractamente, porque variam de investigação para investigação. É nesse sentido que Almeida defende que a metodologia não deverá ser encarada como *um conjunto de receitas universalmente geradoras de cientificidade: tais receitas não poderiam senão levar a aplicações automatizadas, rituais e abstractas, cujo rigor não deixaria de ser ilusório* (1990: 85).

A bibliografia sobre investigação sociológica apresenta-nos três tipos principais de estratégias metodológicas¹⁵⁸, que correspondem a tipos diferenciados de modos de conduzir a pesquisa, assim como de resultados obtidos: (i) *estratégias de investigação extensiva-quantitativa*: caracterizadas pela aplicação de um instrumento de recolha de informação estandardizada a um grande número de indivíduos, sendo o seu procedimento observacional mais comum o inquérito por questionário, cujo tipo de resultados nos remete basicamente para relações quantificadas entre variáveis; (ii)

¹⁵⁸ V. Costa, 1999: 9 e ss.

estratégias de investigação comparativa-tipológica: recorrem à utilização de instrumentos de pesquisa mais flexíveis, como a entrevista, complementada por recolha documental e/ou períodos limitados de observação directa, debruçando-se sobre um número de casos menor mas ainda significativo de unidades de análise, com o objectivo de captar a diversidade constitutiva de um dado fenómeno social conhecido apenas superficialmente, sendo a expressão mais visível dos resultados a construção de uma tipologia das principais variantes do fenómeno estudado; (iii) *estratégias de investigação intensiva-qualitativa*: recorrem essencialmente à observação directa, em alguns casos participante, de forma intensiva, multifacetada, continuada e informal de uma dada unidade social singular (uma aldeia, uma organização ou um pequeno número delas), sendo os resultados normalmente apresentados sob a forma de estudo(s) de caso. Apresentadas deste modo, e como salientado por Costa (1990), as estratégias metodológicas correspondem a ideais-tipo e, nesse sentido, não raras vezes pesquisas de investigação concretas comportam para além de traços característicos de um deles, aspectos de outros. Assim, a sua mais-valia reside, sobretudo, na orientação metodológica que podem emprestar ao desenho de uma estratégia metodológica coerente, mediante os objectivos, procedimentos e tipo de resultados a alcançar.

Tradicionalmente, as ciências sociais, e a sociologia em particular, têm sido pautadas por uma ambivalência de estratégias metodológicas, que tem conduzido a intensos debates mutuamente críticos. Opor ou alegar superioridade científica entre metodologias quantitativas e metodologias qualitativas parece-nos perpetuar um debate metodológico antigo, improdutivo e desprovido de sentido no actual estado da arte em investigação sociológica, porquanto subscrevemos a ideia de que umas e outras se interinfluenciam e complementam, não sendo opostos inconciliáveis, de utilização mutuamente exclusiva. Temos sobretudo presente que ambas as abordagens apresentam vantagens e limitações próprias (Flick, 2005; Lessárd-Hebert *et al.* 2005; Pais 2002). Com efeito, as metodologias quantitativas revelam-se particularmente pertinentes para o estudo de longos períodos de estabilidade, em que a análise deva focar-se justamente na procura de regularidades que (re)produzem o sistema social. Por seu lado, a perspectiva compreensiva revela-se mais pertinente para o estudo de períodos de crise, e em particular daqueles que envolvem transformações profundas das práticas sociais¹⁵⁹.

¹⁵⁹ Como todo o conhecimento sociológico até à data tem claramente demonstrado, quer as abordagens quantitativas quer as abordagens qualitativas correspondem a perspectivas de análise social com vantagens e limitações. É inegável que o conhecimento sociológico de natureza quantitativa é mais

Importa ainda salientar que mesmo as pesquisas mais localizadas exigem a análise dos acontecimentos inscritos num contexto global e em tendências a longo prazo, permitindo assim uma melhor compreensão dos fenómenos sociais nos quais se inserem as múltiplas interacções individuais. E é neste sentido que a especificidade das perspectivas compreensivas reside, essencialmente, na sua orientação para a identificação das práticas quotidianas e das emergências de novos fenómenos sociais, que elucidam ou transformam, no *aqui e agora* das dinâmicas sociais, as regras ou as instituições existentes. Não se tratando, pois, de uma análise dos indivíduos isolados mas sim dos indivíduos que agem tendo em conta a percepção dos outros e balizados por constrangimentos sociais que definem intencionalidades complexas e interactivas, num dado contexto social que transcende as situações concretas (Guerra, 2012). Assim, a adopção de um método investigativo de pendor mais compreensivo ou indutivo ou de um método investigativo baseado sobretudo numa perspectiva sistémica ou dedutiva derivará sobretudo dos objectivos da análise que se pretenda efectuar. E, de igual modo, a escolha dos instrumentos de observação e a recolha dos dados devem inscrever-se no conjunto dos objectivos e do dispositivo metodológico da investigação (Quivy e Campenhoudt, 1992: 186). Donde, a importância de reflectir também sobre as técnicas de investigação¹⁶⁰ através das quais o método deverá ser implementado.

A acelerada mudança social e a conseqüente diversidade dos universos da vida em sociedade confrontam os cientistas sociais com novos contextos sociais e novas perspectivas. E é neste quadro de crescente diversidade e complexidade dos padrões e contextos de vida nas sociedades contemporâneas, que a investigação qualitativa se revela decisiva no estudo das relações sociais. Esta pluralidade dos universos da vida social requer uma sensibilidade analítica que remeta para a compreensão da sociedade moderna e para uma narrativa focada no tempo, no espaço e na situação.

Neste sentido, os *paradigmas compreensivos* propõem o sentido accionado pelos sujeitos nos seus comportamentos, colocando o centro da análise na compreensão dos sentidos da acção social (Guerra, 2012). Uma reconceptualização de metodologias

mensurável, replicável e o que permite generalizações estatísticas. Assim como o será também que é o conhecimento de natureza qualitativa que possibilita a compreensão aprofundada dos meandros sociais que determinam formas de ser, estar e agir dos indivíduos em diversos contextos da sociedade em que estão inseridos.

¹⁶⁰ Que podemos enunciar como *conjuntos de procedimentos bem definidos e transmissíveis, destinados a produzir certos resultados na 'recolha' e 'tratamento' da informação requerida pela actividade de pesquisa* (Almeida e Pinto, 1990: 78). Para mais detalhe, nomeadamente sobre a classificação e descrição das técnicas de investigação em ciências sociais, ver Almeida e Pinto (1990).

associadas a quadros de referência weberiana¹⁶¹ pode ser encontrada nas *grounded theories* ou na etnometodologia (Lessárd-Hebert *et al.* 2005).

A investigação qualitativa está vocacionada para a análise de casos concretos, nas particularidades de tempo e de espaço, partindo das manifestações das pessoas nos seus contextos próprios. Remetendo-nos, tendencialmente, para o regresso: i) à oralidade, à narrativa e ao discurso; ii) ao particular, orientado para problemas concretos, que ocorrem em determinadas situações específicas; iii) ao local, encontrando expressão no conhecimento de práticas, experiências, no contexto dos modos de viver em que se enraízam; iv) ao conceito de oportunidade, presente na necessidade de situar os problemas estudados e as soluções a propor no contexto histórico e temporal, descrevendo-os nesse contexto e explicando-os com base nele (Flick 2005; Flick *et al.* 2002). Apresentando uma vasta diversidade de métodos e técnicas, enquadrando práticas de pesquisa diferenciadas, que nos remetem para paradigmas de compreensão sociológica decorrentes de formas de recolha, registo e tratamento dos dados igualmente diversas. Socorrem-se de técnicas compreensivas que têm por finalidade descrever e traduzir fenómenos sociais; sendo técnicas que centram o seu foco no significado dos fenómenos. Um dos métodos do paradigma compreensivo é a etnometodologia, na qual o enfoque é posto na compreensão das práticas quotidianas através da análise de conteúdo dos enunciados da linguagem comum. E outro é a *grounded theory*, que apresenta ramificações conceptuais e técnicas.

A investigação qualitativa engloba diferentes perspectivas de investigação, donde destacamos a tradição do interaccionismo simbólico¹⁶² e a abordagem etnometodológica¹⁶³. As limitações do interaccionismo simbólico na abordagem do ponto de vista dos sujeitos são superadas, nos planos teórico e metodológico, no quadro conceptual da etnometodologia. A etnometodologia questiona o modo como as pessoas produzem a realidade social nos seus processos de interacção, tendo por preocupação

¹⁶¹ A perspectiva de Max Weber remete para a ideia de que a sociologia deverá constituir-se como uma disciplina científica que analisa os acontecimentos da vida humana sob a perspectiva do sentido que os actores conferem e com que orientam as suas interacções com os demais. Todavia, e ainda de acordo com a perspectiva weberiana, tal não significa que não seja imprescindível aprofundar igualmente os mecanismos das estruturas sociais que enquadram os modos de interacção dos indivíduos. Assim sendo, esta proposta de estudo da vida humana em sociedade, distingue-se das análises que visam descobrir *leis* de regularidade do funcionamento das sociedades humanas. Para mais detalhes, ver por exemplo Weber 2004, 1983, 1979 e 1963.

¹⁶² Centrada nos significados subjectivos.

¹⁶³ Focada nas rotinas do quotidiano e na sua criação. Para mais detalhes sobre a escola fundada por Harold Garfinkel, ver por exemplo Garfinkel, H. (1967), *Studies in Ethnomethodology*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall ou Garfinkel, H. (1986), *Ethnomethodological Studies of Work*, London, Routledge and Keegan Paul.

central o estudo dos métodos utilizados por elas para a produção da realidade quotidiana. O interesse nas actividades do dia-a-dia, na sua execução, e na construção de um contexto de interacção, localmente orientado, onde as actividades são realizadas são os aspectos que caracterizam genericamente o programa de pesquisa da etnometodologia. Este programa tem-se traduzido fundamentalmente em pesquisas empíricas de análise das conversas, que têm subjacente a ideia de que a interacção é produzida de modo ordenado, e de que o contexto, que é o seu enquadramento, é produzido em simultâneo com a interacção e através dela. Decidir o que é relevante para os intervenientes na interacção social só pode ser feito pela análise dessa interacção e nunca tomada *a priori* como certa. O foco vai além do significado da interacção e do seu conteúdo para os participantes, centrando-se também no modo como a interacção se organiza e é contextualmente determinada (Flick, 2005). O papel do contexto em que as interacções se desenrolam e a demonstração empírica da sua relevância é crucial para compreender a perspectiva etnometodológica. Neste sentido, o investigador deve tentar abster-se de interpretações apriorísticas, assim como evitar aderir à perspectiva dos actores intervenientes.

Tal como a temos vindo a apresentar, a investigação qualitativa pressupõe que as diversas partes do processo investigativo sejam interdependentes, remetendo para uma lógica de possibilidade de questionamentos e reformulações contínuas em função de novos dados e novas interpretações decorrentes das evidências que se vão descobrindo. Esta ideia foi apresentada com clareza por Glaser e Strauss (1967), através da noção de *grounded theory*. A *grounded theory* coloca a ênfase no trabalho de campo e nos dados recolhidos. Os pressupostos teóricos não desempenham aqui um lugar de aplicação apriorística, nomeadamente através de um corpo de hipóteses rígidas a verificar, dando-se, ao invés, um adiamento da estruturação prévia do material estudado, e lugar a formulações e estruturações emergentes do próprio trabalho de campo (Hoffmann-Riem, citado por Flick, 2005).

Neste sentido, uma perspectiva ainda que baseada em modelos teóricos deverá ser forçada a recorrer a estratégias indutivas: em vez de partir das teorias para o teste observacional, o que se exige são *conceitos sensibilizadores* para abordar os contextos sociais que se quer estudar (Flick, 2005). Todavia, é fundamental clarificar um frequente equívoco: esta abordagem de estudo do social é igualmente influenciada pelo conhecimento teórico existente. Com efeito, e de acordo com Hoffmann-Riem (citado por Flick, 2005), o protelamento de uma estruturação mais sólida adia a formulação de

hipóteses rígidas. Ainda assim, o tema da investigação é delineado com base num enquadramento teórico; dando-se apenas o caso de a sua elaboração não culminar num conjunto de hipóteses rígidas. Trata-se, no fundo, do que Flick (2005) designa por *suspensão calculada da atenção*, evitando-se com esse procedimento que se parta para o terreno centrando deliberadamente a nossa atenção em certos aspectos, seleccionando logo de antemão o material que cumpra as nossas expectativas e correndo o risco de encontrar não mais do que aquilo que já se conhece. No que José Machado Pais chama de *lógica de descoberta e de revelação* (2002).

Parece pertinente que nos interroguemos pois sobre o papel da teoria no âmbito de um processo de investigação como o preconizado por Glaser e Strauss (1967). O papel das teorias na abordagem de investigação das *grounded theories* está ligado à ideia de que as teorias sociais são perspectivas de como se vê a realidade social, sendo por isso, como qualquer conhecimento científico, passíveis de sofrer revisão, avaliação e (re)elaboração contínuas¹⁶⁴. Dito de outro modo, os pré-conhecimentos do problema em estudo são encarados como preliminares e ultrapassados sem hesitação se verificada nova informação incongruente com o que preconizam¹⁶⁵.

O desenvolvimento das *grounded theories*¹⁶⁶ vem acrescentar que as análises desta natureza têm, além da função de descrever os fenómenos sociais, também a de produzir teorias gerais. A perspectiva subjacente a esta forma de análise assenta no pressuposto da dialéctica permanente entre a teoria e a observação, partindo de três ideias fundamentais: i) as teorias não são *apriorísticas* à observação – a pesquisa é, ela própria, um exercício e um esforço de teorização, fundamentada na análise dos dados que constroem, progressivamente, conceitos e categorias, permanentemente confrontados com a realidade; ii) a finalidade de qualquer pesquisa sociológica é a de produzir um conjunto de *propriedades, categorias, relações...*, isto é, *teoria*; e iii) a teoria está *grounded*, isto é, enraizada nos dados observados e recolhidos (Demazière e Dubar, 1997). Neste sentido, a teoria será também um processo de chegada do método e não apenas o seu ponto de partida. As construções explicativas – a *teoria* – são elaboradas num processo evolutivo ao longo da pesquisa, pela interacção permanente entre os quadros conceptuais de referência e os dados observados no terreno.

¹⁶⁴ Nomeadamente através de novas versões, obtidas à luz de novas e sólidas evidências observacionais.

¹⁶⁵ Reitera-se que uma investigação desta natureza não pressupõe, ainda assim, fazer *tábua rasa* do conhecimento pré-existente sobre o assunto em estudo.

¹⁶⁶ Para mais detalhe ver, por exemplo: Glaser e Strauss, 1967; Demazière e Dubar, 1997.

Como sustentado por Pais (2002), é indiscutível que a ciência se caracteriza por um *ethos* próprio¹⁶⁷, bem como o é a existência de teorias científicas dominantes¹⁶⁸, porém tal não deverá restringir a observação no âmbito de novas investigações sociológicas às limitações de um conjunto de teorias e conceitos edificados. No fundo, a investigação qualitativa, tal como a temos vindo a apresentar, remete-nos para um enquadramento teórico, fundamental, também com base no qual se delinea a problemática de estudo, mas o esforço de teorização mais criativo é canalizado para mais tarde, em estreita articulação com a pesquisa observacional. Donde, a pesquisa de terreno etnográfica ter vindo a ser apresentada em articulação com e por referência à *grounded theory*. O objectivo não é operar uma demarcação face aos importantes contributos teórico-conceituais existentes, mas sim o de deixar espaço à descoberta, potenciando refinamentos ou acréscimos a esses contributos, ou mesmo eventualmente apresentar propostas de ruptura com os mesmos à luz de novas evidências empíricas.

Neste sentido, a forma como nos socorremos da teoria no âmbito da investigação científica dos nossos dias é, em nosso entender, uma questão crítica e muito actual, e apenas por *ingenuidade* ou *arrogância* incompreensíveis e inviabilizadoras de um trabalho científico sério, algum investigador empenhado no seu projecto se escusaria compreender, aceitar e seguir uma linha de pensamento assente na concepção de que, sem recurso a um conjunto de contributos teóricos prévios e sem capacidade de teorização, não é possível produzir conhecimento científico (Pais, 2002). Inspirados na metodologia defendida pelas *grounded theories*, subscrevemos que, a par de algum trabalho exploratório no campo de investigação, a revisão bibliográfica substantiva da nossa área científica, consubstanciada num referencial teórico importante – que orienta mas não prescreve nem delimita rigidamente –, deverá sobretudo estimular as nossas próprias ideias. Parece-nos legítimo e respeitável fazer investigação sociológica que se reporte aos esquemas analíticos de outros autores¹⁶⁹, todavia não nos parece que tal deva impedir-nos de *alargar horizontes* (seja dando continuidade ou rompendo com teorias ou conceitos anteriores, seja apresentando novas perspectivas). Importa ainda clarificar que a nossa posição demarca-me, total e inequivocamente, de qualquer imodéstia intelectual ou ambição pessoal de prestígio científico, sendo antes movida por uma

¹⁶⁷ Como discutido por Robert Merton. Para mais detalhes, ver Merton (1942).

¹⁶⁸ Que são apresentadas por vezes como um *habitus* científico. Para mais detalhes, ver Bourdieu (1992).

¹⁶⁹ Muitos absolutamente fascinantes e incontornáveis porquanto apresentam valiosos contributos para a nossa área científica (que, reafirmamos, só ingenuidade ou arrogância intelectuais e científicas permitiriam ignorar) e, portanto, imprescindíveis ao nosso próprio trabalho. E a sociologia, não constituindo excepção, está, felizmente, repleta de bons exemplos.

despretensiosa mas genuína curiosidade sociológica que sempre nos caracterizou e pelo crescente fascínio pelos meandros que sociedade humana encerram.

É verdade que podemos partir de um quadro teórico, daí derivando hipóteses pertinentes e chegar a um conjunto de resultados interessantes, também não o será menos que um quadro teórico de partida muito rígido pode conduzir a que se captem apenas as realidades que nele se encaixam. E é neste sentido que uma tal abordagem¹⁷⁰ faz um uso diferente da teoria, na medida em que ainda que a problematização de toda a pesquisa preveja uma sensibilidade teórica apurada, muito do esforço de teorização é indissociável da observação, derivado da necessidade de dar resposta a dilemas e interrogações concretas que desafiam a imaginação sociológica. O que se pretende é evitar que um quadro teórico reificado restrinja o alcance e a capacidade de observação (Pais, 2002). E é neste sentido que este autor nos diz que:

As teorias são uma forma de envolver a informação disponível, através de múltiplas possibilidades ou hipóteses de investigação. Todo o saber resulta de um processo de fabricação de hipóteses. Mas é também um saber deixar buracos, pelo menos transitoriamente, no tecido das hipóteses. São esses buracos que fazem da realidade percorrida pelos questionamentos teóricos uma realidade de ignorâncias, de interrogações, de dúvidas, de incertezas. São essas incertezas que fazem avançar o conhecimento, num desejo ébrio de as desfazer. (...) A vida quotidiana desperta a curiosidade sociológica. A própria mudança social deixou de ser teorizada a partir de proposições de validade genérica e passou a ser avaliada através do contingente, do circunstancial, do possível, do conjuntural (2002: 52).

No fundo trata-se de, embora considerando o conhecimento teórico sistematizado existente e reconhecendo a sua importância, não *fechar portas* à espontaneidade e à criatividade que, de resto, sempre impulsionaram a progressão do conhecimento científico¹⁷¹.

¹⁷⁰ Que José Machado Pais designa por uma sociologia da vida quotidiana. Para mais detalhes ver Pais, 2002.

¹⁷¹ O mesmo será dizer que, ainda que caracterizada por alguma *liberdade* face a restrições teórico-metodológicas, ou seja, que a análise não esteja condicionada a priori por constrangimentos teóricos ou metodológicos e que se evite a análise dos dados exclusivamente com base em categorias derivadas de categorias existentes, é inequívoca a impossibilidade de analisar os dados unicamente com base nas notas de campo. Procurando-se, pois, cruzar o plano e a forma de observação dos locais e situações com o fundamento teórico do estudo.

A etnometodologia é a corrente sociológica que procura explicar o que se poderá conceptualmente entender por *quotidiano*. Segundo esta corrente, os dilemas que se impõem à sociologia da vida quotidiana serão os mesmos que se impõem às ciências sociais em geral, ou seja, as relações entre a interpretação dos *símbolos* e a explicação dos *factos*, entre o texto e o contexto, entre a teoria e a prática (Pais, 2002). O que os etnometodólogos pretendem é que os métodos a utilizar na apreensão do *real social* não devam resultar de complicadas abstrações. Desde logo porque o quotidiano não deverá ser encarado como o repetitivo, banal e insignificante, porque ele é, antes de mais, o cruzamento entre o rotineiro e o acontecimento, podendo por isso ser um conceito encarado como fio condutor de conhecimento da sociedade. No quotidiano experimentam-se tensões, conflitos, posições ideológicas, mudanças, crises, que a sociologia geral e as suas diversas sociologias parciais tomam como seus objectos. O que é necessário é chegar ao quotidiano com teorias adaptáveis e flexíveis, cujo quadros e categorias nos permitam a sua apreensão.

O objecto do trabalho etnometodológico assenta na elaboração progressiva de uma hipótese ou de um conjunto de hipóteses, num modo fundamentado de realizar as observações – abundante em descrições de *mecanismos sociais* e em proposições de compreensão dos fenómenos observados acerca da problemática do estudo (Bertaux, 1997). O investigador pode, à luz das metodologias compreensivas, dispensar a verificação de um conjunto de hipóteses definidas à priori, na medida em que o método etnometodológico remete antes para a elaboração progressiva de um corpo de hipóteses, baseado nas observações e nas descrições das *relações e dos mecanismos sociais* que tal possibilita, e na compreensão dos fenómenos observados (Bertaux, 1997). E é justamente neste sentido que Guerra afirma que:

O espírito da análise compreensiva leva à descoberta de recorrências operando a construção de conceitos e modelos explicativos dos fenómenos sociais. Não se trata de verificar hipóteses, mas sim de ajudar à construção de um corpo de hipóteses que mais não é do que esse modelo explicativo potencial. Neste sentido, o que se defende aqui é que o modelo conceptual esboçado a partir dos primeiros contactos com o terreno e baseado na revisão bibliográfica tradicional seja entendido como a «representação hipotética do que se pensa existir na realidade», isto é, como um modelo explicativo potencial. Assim, não parece haver lugar para a elaboração de «hipóteses de pesquisa», no sentido tradicional do conceito, as quais se baseiam na relação linear entre variáveis, concebendo-se regularidades do que se espera encontrar. De facto,

estamos num quadro de análise de «processos» e de «dinâmicas», pretendendo-se não apenas uma mera descrição da realidade, mas também a interpretação do sentido das dinâmicas sociais (2012: 39).

De acordo com Atkinson e Hammersley (1998), a pesquisa etnográfica apresenta os seguintes traços principais: i) ênfase na análise da natureza de um fenómeno social, mais do que na formulação ou teste de hipóteses sobre o mesmo; ii) tendência para trabalhar sobre dados não estruturados, isto é, sobre dados ainda não categorizados no momento da sua recolha; iii) estudo pormenorizado de um pequeno número de casos; e iv) dados obtidos fundamentalmente a partir de registos verbais e observações *in loco*, com vista a uma análise que permita a compreensão dos significados das acções humanas.

A investigação de natureza etnometodológica tem centrado o seu foco na análise crescentemente formalizada das conversas, todavia, a partir da década de 1980 criou um segundo eixo de investigação – o *estudo do trabalho* –, baseado na análise dos processos de trabalho¹⁷². Nestes estudos, os processos de trabalho são estudados em sentido amplo, particularmente no contexto do trabalho científico em laboratório, recorrendo-se à aplicação de vários métodos para descrever tão exactamente quanto possível os processos de trabalho¹⁷³. O objectivo deste tipo de análise passa pois a estender-se do estudo das interacções à preocupação com o *conhecimento materializado* naquelas práticas e nos seus resultados (Bergmann, 2002). A sociologia do conhecimento científico desenvolveu-se, genericamente, no âmbito da tradição etnometodológica, tendo estes estudos um importante contributo para o contexto alargado da investigação recente neste ramo da sociologia¹⁷⁴.

Segundo Pais, uma *teoria da quotidianidade* assenta na ideia de que a sociologia deve accionar paradigmas que permitam combinar o plano dos comportamentos dos indivíduos com os planos que resultam da conjugação de variáveis macro-sociológicas – como poder, autoridade, desigualdade social, etc. Não devendo uma sociologia do quotidiano oscilar entre as variações do micro e do macro-social, mas

¹⁷² Para mais detalhes, ver: Bergmann 2002; Garfinkel, 1986.

¹⁷³ Sendo a análise das conversas apenas um deles.

¹⁷⁴ Veja-se a propósito, por exemplo: Knorr-Cetina, 1981; Knorr-Cetina e Mulkay, 1983; Costa et al. 2000.

antes ressaltar *a imbricação de actos ou acontecimentos individuais ou interaccionais com estruturas sociais globais* (2002: 80).

Neste sentido, uma abordagem do quotidiano: i) centra a análise nos indivíduos e nas suas interacções regulares e ii) foca-se nas práticas e as representações através das quais esse sujeito negocia e desenvolve quotidianamente a sua inserção social. Mas, como nos alerta Pais (2002), não esquecendo que a negociação da inserção social dos sujeitos se processa ao nível dos grandes dispositivos sociais – organizações, sistemas, instituições – que regulam os processos de socialização, e que a (re)produção de rotinas próprias da quotidianidade da vida das pessoas é perpassada por processos de socialização, em que cada indivíduo assimila comportamentos constitutivos das relações sociais e que o inserem num processo de socialização e de ritualização.

O objecto de estudo da sociologia da vida quotidiana são as actividades relacionais desenvolvidas pelos sujeitos de uma forma regular no seu dia-a-dia, num dado contexto social. Mas a vida quotidiana não se reduz de forma rotineira e passiva à regularidade de todos os dias; é também característica do quotidiano a sua espontaneidade (Heller, 1972 e 1977). E, neste sentido, é igualmente um espaço de inovação, logo, de riqueza analítica pelo factor de descoberta e conhecimento do social que pode comportar. Noutro sentido ainda, importa salientar que embora a análise se centre na percepção da dinâmica das múltiplas facetas dos fenómenos sociais do dia-a-dia – ou seja, do presente –, também lhe está subjacente a ideia da temporalidade (ou seja, a *história* e o *tempo* dos fenómenos).

A *observação participante* permite um contexto de observação analítica da riqueza da palavra oral e das (inter)acções dos indivíduos em contextos situacionais e referenciais próprios. Através da análise do quotidiano, o investigador tem a possibilidade de observar os factos sociais reduzidos aos seus significados, os quais irrigam e avolumam as representações sociais e as visões do mundo. A realidade social não é transparente, reveste-se antes de sentidos ocultos e não facilmente decifráveis¹⁷⁵. E o quotidiano pode, justamente, ser usado para captar dimensões privilegiadas que permitem decifrar essa realidade e esses sentidos opacos, inacessíveis aos instrumentos mais usuais do conhecimento sociológico (Pais, 2002). Ainda segundo o autor, tal proposta de decifração do social pode desenvolver-se deixando-nos surpreender com o

¹⁷⁵ Esta dualidade da realidade social (entre o social visível e o social invisível) remete-nos de resto para o fundamento da própria sociologia, como defendido por Robert Merton. Para mais detalhes, ver Merton, 1977.

social, fazendo dele *caso*. Não se trata de tomar o todo pela parte, mas de fazer o caminho por partes, pela análise de pormenores, sendo também este um modo de progredir no conhecimento sociológico. E a análise do quotidiano através de *estudos de caso* é, neste sentido, uma oportunidade ímpar de conhecer detalhes da enigmaticidade de funcionamento e transformação das sociedades humanas.

A sociologia da vida quotidiana assenta numa perspectiva metodológica associada a uma lógica de proximidade e numa análise compreensiva da realidade social. O seu verdadeiro desafio é o de revelar a vida social no contexto da rotina de todos os dias, definindo-se o quotidiano como uma rota de conhecimento, ou seja, o quotidiano não como uma parcela isolada do social mas como um elo que nos permite captar o real social dando-lhe nós de inteligibilidade (Pais, 2002). Mas é evidente que o conhecimento do social assente numa lógica de análise do quotidiano social é também ele percorrido por conceitos (desde logo expressos nas formulações iniciais que abrem possíveis caminhos para a compreensão dos fenómenos sociais). Mas o caminho faz-se fazendo, donde o método orientador da pesquisa subjacente a uma sociologia do quotidiano é o de ir tentando escrutinar as modalidades que caracterizam a vida quotidiana, atentos a tudo o que se passa, porque justamente nos aspectos rotineiros e aparentemente sem importância das actividades do dia-a-dia podemos encontrar elementos reveladores de mudança e ruptura social. Por outras palavras, além do elemento de regularidade, normatividade e repetibilidade, as rotas da vida quotidiana são igualmente caminhos denunciadores dos múltiplos meandros da vida social, onde podemos encontrar elementos de resistência, ruptura e mudança social.

Sendo indiscutível que o social não existe senão através dos indivíduos, e que estes, por sua vez, também só poderão ser alvo de análise sociológica através das normas, das regras, das instituições, dos valores e das representações que interiorizam ou que, pelo menos, reproduzem nos seus comportamentos, reveste-se do máximo interesse discutir o campo de acção da sociologia do quotidiano, isto é, os espaços em que conceptual e metodologicamente opera (Pais, 2002). Assim, por um lado, há o interesse em olhar a sociedade a nível dos indivíduos e, por outro, a necessidade de ver como a sociedade se traduz nas suas vidas. O processo de interacção entre as pessoas não pode ser analisado como produto de uma mera relação de personalidades pessoais, já que como suporte dessa relação há um contexto social. O interesse nas duas análises decorre pois de se colocar em evidência a natureza marcada e constitutivamente social entre as pessoas (regulada e sancionável). A ideia de unidades ligadas por estruturas,

incidindo a análise sobre uma dimensão particular da vida social: a quotidianidade, ainda que com isso não tenha que se abandonar hipóteses sobre o conjunto da sociedade¹⁷⁶.

O mundo social envolve significados subjectivos e experiências construídas pelos indivíduos em situações sociais concretas. A ambição dos sociólogos é a de captar e analisar esses significados e experiências dos indivíduos, adoptando diversos métodos. Nesse sentido, uma das vias de apreender em primeira mão uma dada situação social, é a *observação participante* (Burgess, 2001: 85). E o observador participante é-o na medida em que *reúne dados porque participa na vida quotidiana do grupo ou da organização que estuda. Ele observa as pessoas que estuda por forma a ver em que situações se encontram e como se comportam nelas. Ele estabelece conversa com alguns ou com todos os participantes nestas situações e descobre a interpretação que eles dão aos acontecimentos que observa* (Becker, 1958: pp.652).

Deste modo, na investigação que envolve a observação participante o *investigador é o principal instrumento de investigação*¹⁷⁷, recolhendo dados através da sua participação na vida quotidiana do grupo ou organização que estuda. A observação participante traduz-se, pois, no envolvimento directo do investigador com o grupo social que estuda, dentro dos parâmetros das normas do próprio grupo¹⁷⁸. Estamos então perante uma perspectiva metodológica que toma o *quotidiano* como *alavanca do conhecimento*¹⁷⁹.

O trabalho de campo é a forma como a maioria dos investigadores qualitativos recolhem os dados para as suas pesquisas, encontrando-se com os indivíduos durante um longo período de tempo, nos espaços em que se movem – nas suas escolas, nos seus empregos, nos seus espaços de lazer e em outros lugares que frequentam, e por vezes até nas suas casas. Ao longo da estadia no terreno, a formalidade das relações entre uns e outros vai-se esbatendo, e daí decorre que a profundidade das revelações é crescente, salvaguarda uma relação de confiança, em que aos sujeitos observados é assegurada a

¹⁷⁶ Assim como não se faz uma abstracção da individualidade, também não se desconsideram as proposições referentes à estrutura social que envolve as interacções. Dito de outro modo, a análise das práticas quotidianas não implica um retorno puro aos indivíduos, desenquadrados do contexto social em que se inserem (Pais, 2002).

¹⁷⁷ Como defendido por Costa, 1999 e Burgess, 2001.

¹⁷⁸ Cf. Iturra, R. (1986), “Trabalho de campo e observação participante em antropologia” em Silva, A. S. e J. M. Pinto (orgs.), *Metodologia das Ciências Sociais*, Porto, Edições Afrontamento, pp. 149-163. Tendo nestes casos o investigador a oportunidade de observar o que Burgess designa por *contextos sociais naturais* (Burgess, 2001).

¹⁷⁹ Cf. Pais, 2003.

confidencialidade das declarações e a finalidade exclusivamente científica da investigação (Bogdan e Biklen, 1994).

Mas se o investigador, por um lado, entra no mundo dos sujeitos observados, por outro, continua a estar de fora. Na medida em que: i) observa e regista de forma não intrusiva o que lhe é dado a conhecer – os relatos e dados descritivos contextuais das interacções sociais que presencia; ii) participa nas suas actividades quotidianas mas de forma limitada e sem pretensões que não a da observação em si mesma (pode até aprender com os sujeitos – e aprende-se, deveras!, mas apenas por feliz decorrência do próprio processo de integração que a observação participante implica e não com objectivos que a extravasem); iii) aprende a pensar como o sujeito mas não pensa do mesmo modo – fá-lo por empatia mas mantendo sempre uma perspectiva reflexiva sobre a sua posição naquele grupo e naquele contexto.

No fundo, a presença do investigador no terreno traduz-se por uma passagem prolongada durante a qual aquele almeja ganhar a aceitação dos sujeitos – para que possa estabelecer-se uma relação de confiança –, se predispõe a aprender (por oposição a *quem já sabe tudo*) e não procura ser como os sujeitos observados mas sim saber o que é ser como eles. Porque é esta conjugação de elementos que permite alcançar os objectivos da sua investigação (Geertz, 1979).

O *estudo de caso* tem vindo a assumir-se de extrema importância no domínio da investigação sociológica, pelo enriquecimento da disciplina em termos de compreensão aprofundada da complexidade e da dinâmica estrutural dos fenómenos sociais, através do cruzamento de várias técnicas de recolha de dados.

O número de estudos de caso de uma investigação¹⁸⁰ é fortemente condicionado por factores vários, relacionados desde logo com o nível de conhecimento que os investigadores já têm sobre a problemática em análise, mas também com a natureza e objectivos da própria investigação¹⁸¹, não sendo despicienda também a questão dos recursos disponíveis¹⁸² (Guerra, 2012).

Donde, é necessário reflectir bem sobre a escolha das unidades de observação que constituirão os estudos de caso da nossa investigação, sobretudo quando em pequeno número. Os estudos de caso seleccionados deverão corresponder a situações adequadas a uma descrição em profundidade, que possibilite a apreensão dos detalhes e

¹⁸⁰ Desde o número de unidades observáveis, passando pela quantidade, público-alvo e tipo de entrevistas a realizar, entre outros aspectos.

¹⁸¹ Se apenas exploratória ou mais aprofundada e analítica da realidade social em estudo.

¹⁸² Recursos humanos, financeiros e de tempo que podem ser alocados à investigação.

a procura de sentidos escondidos, e eventualmente levante até pistas para investigação futura (Guerra, 2012, p.45).

Noutro sentido, uma análise de tipo qualitativo baseada na observação de um número restrito de casos, ou até num único caso, não permite uma generalização estatística (quantificável, portanto), mas possibilita inferências analíticas feitas a partir da observação, metodologicamente sustentada, das interações dos indivíduos no contexto de uma determinada estrutura societal e de determinados processos de funcionamento de um sistema ou de uma vida social (Pires, 1997). Assim, subscrevemos que é possível progredir no conhecimento sociológico com recurso à análise aprofundada de um determinado número de estudos de caso. Através do estudo de fenómenos e situações particulares enquadradas num contexto societal, que têm um *papel revelador* da realidade social em estudo. E ainda que não nos detenhamos no objectivo de generalizar estatisticamente, é possível fazer, a partir de uma densa observação do social, em que se decifra e compreende aprofundadamente uma dada realidade, metodológica e observacionalmente sustentada, uma generalização teórica.

Relativamente à questão de *quem* entrevistar, trata-se de fazer recair a nossa selecção de entrevistados sobre informadores susceptíveis de comunicar as suas percepções da realidade através da experiência vivida, almejando-se uma representatividade social e a diversidade dos fenómenos. Neste sentido, garantindo os critérios científicos já referidos, será útil ter nos interlocutores alguém que seja capaz de verbalizar as suas condições de vida e, como diria Ferraroti (1983), constitua uma *síntese activa* do universo social. A disponibilidade dos entrevistados e a sua capacidade de verbalização são critérios considerados importantes, porquanto se pretendem actores capazes de comunicar a *racionalidade* da sua *posição de classe*. Sendo portanto preferível escolher alguém que consiga verbalizar bem a sua condição social e a lógica que imprime nas suas acções (Guerra, 2012). Em suma, o que determina o critério que preside à selecção das pessoas a observar remete para a sua importância para o tema em estudo.

A definição do problema de estudo é um momento crucial, e difícil, de qualquer pesquisa sociológica. Muitos investigadores, sobretudo os mais inexperientes, pensarão que tendo um tema ou objecto dotado de realidade social, têm um *objecto sociológico* (Guerra, 2012: 36) As questões da investigação são como uma porta aberta para o campo de pesquisa. Da sua formulação depende que as actividades empíricas inquiridas conduzam ou não a respostas. Também dela depende a decisão sobre que métodos,

quem (pessoas, grupos, instituições) e o que (processos, actividades...) devem ser incluídos. Os critérios essenciais para avaliar as questões de investigação terão a ver não só com a sua clareza e solidez mas também com a possibilidade de gerarem respostas, no quadro dos recursos existentes (financeiros, tempo, etc.)

Como temos vindo a argumentar, a investigação compreensiva não contempla uma única concepção do objecto, do modelo conceptual ou das hipóteses da investigação, defendendo-se uma relação próxima com o terreno para a (re)definição dos mesmos. É neste sentido que, de acordo com Guerra *o objecto não está formado à partida – constrói-se progressivamente em contacto com o terreno a partir da interacção com a recolha dos dados e a análise, não estando previsto um quadro teórico e um quadro de hipóteses estabelecidos à priori* (2012: 37). Mas é fundamental perceber que tal implica, ainda assim, que se delimite uma primeira definição do objecto de estudo, seja pela aproximação à problemática teórica através de bibliografia pertinente, seja pelo contacto com a realidade empírica através da recolha de informação¹⁸³.

A pesquisa compreensiva tem, como vimos, como objectos particularmente pertinentes, entre outros, os estudos do quotidiano (Groulx, 1997). Existindo três campos de interesse importantes em termos de investigação compreensiva na área da educação. A saber: i) a natureza da sala de aula como um meio social, institucionalmente enquadrado e culturalmente organizado para a aprendizagem; ii) a natureza do ensino como um, mas somente *um*, aspecto do meio de aprendizagem; e iii) a natureza e o conteúdo das *perspectivas* e dos *significados* do docente e do discente como componentes intrínsecos do processo educativo (Erickson, 1986). De acordo com este autor, as problemáticas formuladas e as investigações baseadas e desenvolvidas a partir destes centros de interesse analítico possibilitam produzir conhecimento que colmata as seguintes necessidades: i) a necessidade de atender à vida quotidiana e à sua *invisibilidade*¹⁸⁴; ii) a necessidade de compreender situações particulares por meio de uma investigação baseada em *pormenores concretos da prática*; iii) a necessidade de ter em consideração os *significados* que os acontecimentos adquirem para as pessoas de um

¹⁸³ Entrevistas a informantes privilegiados, recolha e análise de documentos e dados estatísticos disponíveis, ou até mesmo trabalho de campo de natureza exploratória.

¹⁸⁴ Frequentemente, o quotidiano não é considerado *objecto de análise*, seja por o considerarmos demasiado *familiar* e pelo *nada de novo* que acrescenta, seja pelas dificuldades (de acesso, morosidade, custos...) que a sua análise e apreensão representam na prática investigativa. Na investigação compreensiva, procura-se um distanciamento ao tornar *estranho* aquilo que é *familiar* e ao explicitar o que está implícito; o *lugar-comum* transforma-se em *problemática*.

dado meio¹⁸⁵; iv) a necessidade de compreender *diferentes níveis de uma mesma organização social* de ensino/aprendizagem¹⁸⁶; v) a necessidade de compreender *uma organização local para além das suas condições particulares de existência*, por meio da sua comparação com outras entidades locais similares; será, então, possível fazer a distinção entre os *traços aparentemente característicos de um meio* e os seus *traços autenticamente característicos*.

E é perante este enquadramento metodológico que a investigação de pendor qualitativo preconiza uma relação entre o problema em estudo e método que defendemos coadunar-se mais com o nosso projecto de investigação, dada a natureza dos objectivos traçados¹⁸⁷. Importava-nos a elucidação da singularidade e da multiplicidade de facetas que constituem o processo de educação científica em contexto escolar, e a articulação específica da sua relação com domínios sociais mais vastos. A construção de um *olhar sociológico*¹⁸⁸ sobre as práticas e os significados que os actores lhes atribuem e sobre o contexto social que as enforma, contribuiu para que para esta pesquisa se tivesse definido uma estratégia metodológica de investigação de tipo intensivo-qualitativo – com recurso a estudos de caso¹⁸⁹.

O papel da observação como método de investigação tem-se mantido no centro do debate metodológico em investigação qualitativa. Advoga-se que as práticas são acessíveis pela observação, e que as entrevistas narrativas só dão lugar à descrição das práticas mas não às próprias práticas. Esta abordagem permite ao investigador descobrir como de facto as coisas acontecem ou funcionam. As entrevistas permitem-nos captar um misto de como o entrevistado percebe que as coisas são ou deveriam ser, e essa diferença é ela própria merecedora de análise. Além das competências de falar e ouvir, requeridas na entrevista, observar é uma competência, metodologicamente sistematizada

¹⁸⁵ Os acontecimentos ainda que aparentemente idênticos podem apresentar significados diferentes consoante os meios sociais em que ocorrem ou sobre os quais surtem efeito.

¹⁸⁶ A compreensão de uma organização estudada a nível local pode ser desenvolvida pelo estabelecimento de uma relação com elementos (dessa mesma organização) pertencentes a um nível mais alargado da realidade que vai permitir, deste modo, identificar as suas condições *contextuais* de existência. Este tipo de investigação expõe a organização particular do ensino e da aprendizagem numa sala de aula e, simultaneamente, a realidade das pressões externas que se exercem sobre essa organização. Os dois níveis de organização devem estar, teórica e observacionalmente, imbricados (Erickson, 1986:138).

¹⁸⁷ Ainda que, reiteramos, nos demarquemos de uma lógica de oposição ou de hierarquização entre abordagens qualitativas e abordagens quantitativas.

¹⁸⁸ Bourdieu, P. (1998 [1993]), *A Miséria do Mundo*, Petrópolis, Editora Vozes.

¹⁸⁹ Os estudos de caso e a sua utilização na investigação sociológica têm sido amplamente discutidos. A este propósito, ver, por exemplo, Ragin, C. C. e H. S. Becker (orgs.) (1994), *What is a Case? Exploring the Foundations of Social Inquiry*, Cambridge, Cambridge University Press.

e aplicada na investigação qualitativa, que requer um refinamento dos cinco sentidos (Adler e Adler, 1998).

A observação caracteriza-se por várias fases¹⁹⁰, que genericamente poderíamos resumir em:

- Escolha do enquadramento onde decorrerá. Por outras palavras, onde e quando podem ser observadas as pessoas e os acontecimentos que nos interessam;
- Definição do que se pretende observar e registar;
- Treino do observador no sentido de padronizar os processos de observação e registo;
- Observações descritivas que permitam a caracterização genérica inicial do campo;
- Observações dirigidas, crescentemente focalizadas nos aspectos relevantes para a investigação;
- Conclusão da observação, após a saturação teórica. Ou seja, quando novas observações não acrescentam conhecimentos.

A observação participante é a observação mais usualmente utilizada na investigação qualitativa, através da qual o observador recolhe dados por via da sua participação na vida quotidiana das pessoas que estuda (Becker, 1994). Podendo ser definida como *uma estratégia de campo que combina vários elementos: a análise documental, a entrevista de sujeitos e informantes, a participação e observação directas, e a introspecção* (Denzin, citado por Flick, 2005, p.142).

A observação participante remete para a incorporação de *evidências* ao nível das interacções sociais localizadas num contexto de organizações, instituições ou sistemas sociais mais vastos. Ou seja, interpreta e compreende os factos sociais específicos através da referência ao seu envolvimento na complexidade da sociedade em que se inserem. Na análise dos dados subsequente ao trabalho de campo, o investigador prossegue de forma sistemática à verificação da natureza das evidências empíricas de que dispõe, estabelecendo interconexões que sustentem um modelo interpretativo da realidade social em estudo. E se no caso das análises estatísticas, por exemplo, é possível apresentar os dados sistematizados num conjunto de tabelas ou medições

¹⁹⁰ Para mais detalhes ver, por exemplo: Adler e Adler, 1998; Denzin, 1989; Glaser e Strauss, 1967; Spradley, 1980.

descritivas dos fenómenos, tal não é possível no caso dos dados recolhidos através da observação participante. Nestes casos, e perante a impossibilidade de apresentar os diversos tipos de dados de forma condensada e categorizada sem prejuízo de perda do seu valor como evidência, mas também não ser exequível apresentar todo o material recolhido, compete ao investigador fazer uma enunciação clara da forma como os dados se constituíram evidência e derivaram nas conclusões apresentadas. Deste modo, o valor intrínseco dos dados como evidência é avaliado à medida que a análise substantiva da investigação é apresentada (Becker, 1994).

Segundo Jorgensen (1989), a observação participante caracteriza-se por sete traços:

- Um modo de caracterizar e teorizar que valoriza a interpretação e a compreensão do comportamento humano;
- Uma pesquisa e um método assentes num posicionamento do *aqui e agora* dos acontecimentos, ou seja, no local e no momento dos acontecimentos do dia-a-dia;
- Um interesse concreto no significado da interacção humana, perspectivado na óptica das pessoas que fazem parte das situações e contextos específicos;
- Um processo de pesquisa em aberto, porque flexível à contínua redefinição do que é problemático, com base nos factos e contextos observados;
- Uma abordagem qualitativa e em profundidade do estudo dos casos em análise;
- A criação e a manutenção da relação entre o observador e os observados. A simples comunicação com os observados é aqui considerada essencial, pelo potencial que representa em termos de abrangência na recolha de dados;
- O recurso à observação directa, a par de outros métodos de recolha de dados.

A observação participante pode ser entendida como um processo compreendido em dois planos. Numa primeira fase, o investigador tem de se ir tornando um participante e de ir ganhando acesso às pessoas e ao terreno. Depois, a observação segue um processo gradualmente mais focado nos aspectos fundamentais da investigação. Poder-se-á pois dizer que: i) numa primeira etapa, o investigador procura fazer uma observação de natureza mais descritiva, que lhe permita captar o melhor possível a complexidade do terreno e ao mesmo tempo definir temas e linhas de investigação mais concretas; ii) seguindo-se uma observação focalizada, em que justamente o foco de

análise se vai de forma progressiva estreitando sobre os problemas e os processos mais essenciais à problemática da investigação; e, iii) numa fase posterior, perto do final da recolha de dados, dá-se uma observação selectiva centrada na obtenção de evidências e exemplos das práticas e processos encontrados na segunda fase (Spradley, 1980; Flick, 2005).

Na observação participante, de forma mais premente que noutros métodos qualitativos, é importante assumir uma perspectiva interna do campo a estudar, ainda que, em simultâneo, se deva manter o *estatuto de estranho profissional* (Agar, 1980). Por outras palavras, ao observador são-lhe convocadas competências que lhe permitam, ao mesmo tempo: i) abandonar uma perspectiva crítica externa, procurando captar sem questionar os pontos de vista, as relações e os factos no terreno de estudo; e ii) encarar esse processo de observação como um instrumento de reflexão sobre a sua maneira de se familiarizar e sobre as perspectivas analíticas que está a alcançar por essa via e que seriam impossíveis de obter acaso mantivesse a distância (Flick, 2005). Com efeito, o objectivo da investigação vai além da familiarização com as evidências próprias do campo, já que ainda que tal fosse suficiente para uma participação bem sucedida, seria porém insuficiente para obter uma observação sistemática, na medida em que ao investigador interessa obter um entendimento do social que transcende o conhecimento de senso comum, donde a necessidade dessa permanente perspectiva dialéctica de *nativo* (Flick, 2005) e *estranho profissional* (Agar, 1980).

A etnografia combina a observação participante com outros procedimentos, como a entrevista ou a análise documental. O etnógrafo participa na vida quotidiana das pessoas, durante um período de tempo longo, observa o que acontece, escuta o que se diz, indaga, faz perguntas, procurando reunir todos os dados disponíveis, com o objectivo de fazer luz sobre a problemática da sua investigação. Por um lado, em termos de abertura ao processo de acção e interacção, existe participação na sociedade observada, e, por outro lado, relativamente à estruturação (aprofundamento) da análise, existe uma pluralidade de métodos usados. O seu domínio de aplicação são, como temos vindo a constatar, os universos quotidianos. Este método obedece a objectivos e regras metodológicas, sendo que os eventuais problemas da sua aplicação se prendem com a atitude geral de pesquisa e não tanto com a ausência de técnicas específicas de análise (Jessor et al., 1996); Denzin, 1989).

A investigação etnográfica implica pois prestar atenção às *particularidades concretas* da vida quotidiana, como às expressões, posturas, vestuário, linguagem ou

comportamentos. E a observação sistemática e disciplinada aprende-se, começando desde logo pelo registo ao ínfimo pormenor dessas particularidades observadas, pois as observações não registadas não constituem dados (Graue e Walsh, 2003). Segundo os autores, é o registo dos dados que possibilita a posterior interpretação, uma vez que não é somente o registo de se ter estado num determinado local mas o que se conseguiu reunir enquanto se esteve lá. A propósito da construção do registo de dados, Denzin diz-nos que *a descrição densa... faz mais do que registar o que uma pessoa está a fazer. Ela vai além dos meros factos e das aparências superficiais, apresentando detalhes, contexto, emoção e as redes sociais que unem as pessoas umas às outras. A descrição densa evoca a emotividade e os auto-sentimentos e, inserindo história na experiência, estabelece a significação dessa experiência, ou a sequência de acontecimentos, para a pessoa ou pessoas em questão. Nesta descrição ouvem-se as vozes, os sentimentos, as acções e os significados dos indivíduos em interacção* (Denzin, em Graue e Walsh, 2003: 163).

O registo etnográfico das observações de carácter participante constitui-se como técnica principal de pesquisa no domínio de estudos sociológicos com crianças e jovens (Saramago, 2001). E, nesse sentido, a observação directa de carácter etnográfico em contexto escolar levou-nos a reflectir sobre duas questões: uma primeira relacionada com o papel do investigador no contexto da observação – a que não pertence –, e uma segunda relacionada com a especificidade da investigação etnográfica que envolve crianças e jovens.

Uma parte substancial do trabalho de campo desenvolvido no âmbito desta pesquisa colocou-nos no contexto de uma sala de aula, como investigadores, o que inevitavelmente nos conduziu à reflexão não só sobre *o que e como* observar mas também sobre *como interagir* com as pessoas. A investigação qualitativa é sensível ao contexto e, nesse sentido, o investigador assume papéis diferentes e usa estratégias diferenciadas de acordo com os objectivos da pesquisa e com o local onde se encontra (Graue e Walsh, 2003). Sabíamos também que, embora alheio à nossa vontade, o contexto da observação muda com a nossa presença, pelo que apesar de tentarmos não ser um *intruso* na sala de aula, na verdade não conseguiríamos passar despercebidos. Neste sentido, e como nos alertam Graue e Walsh (2003), procurámos *monitorizar o efeito da nossa presença*, nomeadamente questionando os professores sobre eventuais alterações sentidas no comportamento dos alunos e sobre o seu próprio à-vontade enquanto docentes para nos receberem nas suas actividades lectivas. E se, inicialmente,

nós próprios notávamos alguma agitação entre os alunos dada a nossa presença¹⁹¹, decorrido muito pouco tempo, deixámos de sentir a nossa presença como um constrangimento ao normal funcionamento das aulas. Optámos por nos sentar numa das mesas do fundo, numa posição de tanta *invisibilidade* quanto possível e também de demarcação do papel de docente ou de avaliador de prestações académicas, porquanto foi para nós igualmente importante tentar estabelecer com os alunos uma ligação distinta da que tinham com o professor, situando-nos num estatuto relativamente indefinido¹⁹². De acordo com Corsaro, *no contexto de trabalho de campo com crianças, torna-se importante que o investigador se preocupe com criar um espaço de interacção com os observáveis que de algum modo seja distinto dos padrões comuns de relacionamento entre adultos e crianças, já que estas recebem fortes influências das condutas reguladoras socialmente instituídas. Escapando ao padrão típico de relacionamento adultos-crianças, o investigador estimula o desenvolvimento de um novo espaço de interacção, fracamente regulamentado, no qual ambas as partes têm oportunidade de estabelecer normas de actuação e de produção de sentido específicas da situação em causa* (Corsaro, em Saramago, 2001:26).

A entrevista é, indiscutivelmente, uma das técnicas de investigação mais utilizadas pelas ciências sociais e, em particular, pela sociologia. Todavia, *é como o casamento: toda a gente sabe o que é, muitos passaram por isso mas mesmo assim por detrás de cada porta fechada há sempre um mundo de segredos* (Oakley, em Moreira, 1994: 133). A entrevista distingue-se pelos processos de comunicação e interacção humana que possibilita entre observadores e observados, permitindo recolher informações e elementos de reflexão muito ricos, resultando numa *troca na qual o interlocutor do investigador exprime as suas percepções de um acontecimento ou de uma situação, as suas interpretações ou as suas experiências* e *‘o investigador facilita essa expressão e permite que o seu interlocutor aceda a um grau máximo de autenticidade e de profundidade* (Quivy e Campenhoudt, 1992: 193).

¹⁹¹ Manifestada sob a forma de curiosidade e não tanto de desconfiança. Éramos afinal uma pessoa adulta que entrava na sua sala de aula, acompanhando o professor, com o qual parecíamos ter algum à-vontade. E ainda que para alguns dos alunos da turma do 10.º ano não fôssemos um rosto desconhecido, na sequência da nossa presença pontual na escola que frequentaram em anos lectivos anteriores, era inevitável que a nossa presença assídua nas suas aulas lhes aguçasse o natural espírito de curiosidade.

¹⁹² Ainda que desde o início tivessem sido explicitados claramente os objectivos da nossa presença, foi curioso verificar que, com o decorrer do tempo, se para uns éramos uma *colega*, para outros éramos uma *setora* (não a sua setora, no sentido de alguém que estava ali para avaliá-los, mas ainda assim uma setora que *‘está aqui a estudar, e a aprender!, umas coisas*’ (M., aluno de Biologia e Geologia do 10.º ano), e para outros ainda éramos simplesmente a Eugénia.

Esta técnica de investigação pode assumir várias formas, sendo usualmente diferenciada em função do seu grau de directividade. Temos, assim: (i) *entrevista não-directiva*¹⁹³, em que é proposto ao entrevistado que fale sobre um determinado tema, e em que o entrevistador só interfere para insistir ou encorajar; (ii) *entrevista semi-directiva*, em que o entrevistador faz sempre certas perguntas principais, mas onde há liberdade para alterar a sua sequência ou para introduzir novas questões em busca de mais informação; (iii) *entrevista directiva*, em que a formulação e a sequência das perguntas são sempre as mesmas.

As entrevistas semi-directivas são amplamente usadas na investigação qualitativa, e o seu interesse está ligado à expectativa de os pontos de vista dos sujeitos serem mais facilmente expressos numa situação de entrevista relativamente aberta do que numa entrevista estruturada ou num questionário. Neste sentido, pareceu-nos que a entrevista semi-directiva era a que melhor enquadrava na nossa estratégia metodológica, na medida em que permitia assegurar a recolha de determinadas informações imprescindíveis à nossa investigação e, ao mesmo tempo, manter um diálogo onde existe uma certa liberdade para os entrevistados se expressarem sobre outros aspectos, porventura não considerados inicialmente, mas que se revelem importantes para a investigação, e também a liberdade para nós próprios colocarmos novas questões que se revelem pertinentes no decurso da entrevista.

Existem diversos tipos de entrevista semi-directiva¹⁹⁴. A saber: entrevista focalizada, entrevista semi-padronizada, entrevista centrada no problema e entrevista etnográfica¹⁹⁵. Centremo-nos na entrevista etnográfica, por se revelar a de maior interesse para a nossa investigação. A observação participante é o método mais utilizado na investigação de campo de carácter etnográfico, mas as entrevistas desempenham também um papel importante na pesquisa no terreno. Segundo Spradley (1979), a melhor forma de conceber uma entrevista etnográfica é começar por uma série de *conversas amistosas*, nas quais paulatinamente se introduzem novos elementos, criando uma boa relação com os informantes, que desta forma se tornarão progressivamente mais cooperantes, porque numa relação de cooperação com o investigador. Todavia,

¹⁹³ A *entrevista não-directiva*, em que os entrevistados se pronunciam sobre um ou mais temas propostos pelo investigador, são utilizadas sobretudo com carácter exploratório, não existindo um conjunto prévio e estruturado de questões.

¹⁹⁴ Que frequentemente podemos encontrar na bibliografia designada também como entrevista semi-estruturada.

¹⁹⁵ Para mais detalhes sobre cada uma das variantes de entrevista semi-estruturada, consultar por exemplo Flick, 2005.

acrescenta o autor, a entrevista etnográfica integra alguns elementos que a distinguem de uma simples *conversa amistosa*. A saber: i) deve compreender um pedido específico de entrevista sobre o tema da investigação; ii) deve haver lugar a explicação em que o entrevistador explica o projecto (e justifica o porquê da entrevista) ou o registo de certos elementos (por que é que toma notas); e iii) deve haver lugar a perguntas etnográficas, isto é, descritivas (cujas respostas explicam como é que os entrevistados organizam os seus pensamentos e conhecimentos sobre o assunto). Este método é geralmente aplicado combinado com a pesquisa de campo e estratégias de observação.

Em suma, a entrevista etnográfica é um tipo de entrevista semi-estruturada, cujo domínio de aplicação decorre num quadro de investigação de campo em terrenos abertos ao contexto social do problema em estudo, consistindo a sua maior dificuldade de aplicação no equilíbrio a alcançar entre a conversa amigável e a entrevista formal (Spradley, 1979). Uma dificuldade concreta para os investigadores consubstancia-se justamente em conseguir transformar as conversas que surgem no terreno em entrevista, com vista a articular de forma sistemática a revelação das experiências concretas das pessoas com o problema em estudo. Com efeito, como nos diz Flick, nestes casos

o quadro local e temporal é aqui delimitado com menos precisão que noutras situações de entrevista, onde o tempo e o lugar são exclusivamente preparados para isso. No caso presente, as oportunidades de entrevista surgem muitas mais vezes espontaneamente e de surpresa, dos contactos regulares no terreno (Flick, p.93).

Mas como conduzir as entrevistas realizadas na investigação sociológica como *verdadeiros diálogos* (Demazière e Dubar, 1997: 5)? Conduzir entrevistas é, de facto, um exercício extremamente difícil, e embora a experiência mostre que a perfeição é rara, nem os melhores manuais fornecem tais instrumentos como saberes explícitos, pelo que a experiência é um exercício insubstituível¹⁹⁶.

Segundo Bourdieu (1998) a relação estabelecida entre entrevistador e entrevistado durante a pesquisa é uma *relação* social com efeitos sobre os resultados obtidos¹⁹⁷, daí que o papel do investigador na entrevista não seja de somenos

¹⁹⁶ Kaufmann, 1996: 75 e 119.

¹⁹⁷ Bourdieu, 1998: 694. Aliás, é fundamental estarmos conscientes de que as declarações prestadas decorrem de um contexto específico – o de uma entrevista – e da relação específica que liga entrevistador e entrevistado, pelo que não devemos acreditar nem numa completa espontaneidade do entrevistado nem numa total neutralidade do investigador (Quivy e Campenhoudt, 1992: 195). Para mais detalhe sobre a interferência do papel do observador, ver Costa, 1999 e Lee, 2003.

importância. E, nessa medida, é fundamental que a sua intervenção seja *reconhecida*, *objectivada* e *treinada* através de um esforço continuado ao longo do tempo. Tal remete-nos para uma noção de *auto-reflexividade*, proposta pelo autor, em que o investigador, se quer que o entrevistado lhe dê testemunhos de aspectos do seu meio social, deverá estar bem preparado teoricamente para captar determinismos sociais da situação e dessa forma intervir, baseado na reflexão prévia objectivada sobre os efeitos da sua intervenção. É neste sentido que Bourdieu defende que, *só a reflexividade, que é sinónimo de método, mas uma 'reflexividade reflexa', baseada num "trabalho", num "olho" sociológico, permite perceber e controlar 'no campo', na própria condução da entrevista, os efeitos da estrutura social na qual ela se realiza* (Bourdieu, 1998: 694). O autor acrescenta ainda que a entrevista deve ser uma conversa sem *violência simbólica* que afecte as respostas, e, para tal, há que fazer uma vez mais um esforço no sentido de reconhecer e dominar qualquer tipo de distorção possível dos resultados, apelando novamente à colocação em prática de uma reflexão teórica prévia¹⁹⁸.

A flexibilidade da entrevista enquanto técnica de investigação que permite recolher os testemunhos e as interpretações dos interlocutores, respeitando os seus quadros de referência, pode operar um duplo efeito de vantagem e limitação desta técnica. De facto, a par do grau de profundidade dos elementos de análise que permite recolher, a entrevista apresenta também a vantagem de permitir que se captem as informações de acordo com a própria linguagem e categorias mentais dos indivíduos observados. Contudo, essa flexibilidade pode *intimidar os que não consigam trabalhar com serenidade sem directivas técnicas precisas*, ou, pelo contrário, conduzir outros a pensar que esta relativa flexibilidade lhes permite *conversar de qualquer maneira com os seus interlocutores* (Quivy e Campenhoudt, 1992: 195).

Pelo que temos vindo a observar acerca da forma de conduzir correctamente uma entrevista, verificamos que requer um trabalho contínuo de aperfeiçoamento¹⁹⁹. Neste sentido, pode identificar-se a necessidade de uma grande concentração por parte

¹⁹⁸ Para mais detalhe sobre a proposta do autor para uma “*comunicação 'não violenta'*”, ver Bourdieu, P. (1998 [1993], *A Miséria do Mundo*, Petrópolis, Editora Vozes.

¹⁹⁹ De acordo com Quivy e Campenhoudt (1992), o carácter pouco técnico da formação exigida aos investigadores a este propósito, não ajuda a que estes consigam avaliar correctamente o seu nível de competência enquanto entrevistadores. Assim, para além dos conhecimentos teóricos e do conhecimento elementar sobre os processos de comunicação interpessoal apontados por estes autores, propomos algumas do que poderíamos designar por *'medidas adicionais de controlo do aperfeiçoamento'* (aperfeiçoamento que todos devemos trabalhar), como, por exemplo: a escuta atenta das entrevistas que vamos realizando ao longo do tempo e a reflexão crítica sobre as nossas intervenções; a discussão inter pares, quase sempre frutífera, dos materiais de pesquisa recolhidos, salvaguardando, como é óbvio, questões de ética profissional, nomeadamente de anonimato dos entrevistados.

do entrevistador, devendo este intervir no sentido de envolver o entrevistado, encorajar o discurso e colocar novas questões, mas obedecendo a critérios de rigor na forma como intervém. Assim, estimular o entrevistado para o tema, usar linguagens verbal e corporal adequadas (de forma a fazer sentido para o entrevistado) não são questões fáceis, e dado poderem ter efeitos indesejáveis sobre os resultados deverão ser encaradas como da maior relevância no âmbito da investigação sociológica.

Nos estudos que envolvem observação participante, o investigador normalmente já conhece os entrevistados, e, nesse sentido, à partida está facilitada uma relação de maior à vontade e empatia. Noutra sentido, essa proximidade entre investigador e entrevistado pode fazer assemelhar a entrevista a uma conversa entre amigos, nem sempre sendo fácil separá-la das outras actividades, o que convoca um esforço do entrevistador para *atrair* e conduzir o interlocutor numa situação particular de entrevista (Bogdan, 1994). No caso particular da investigação com crianças e jovens, a entrevista assume muitas vezes a forma de *entrevista-conversa*, individual ou em grupo (Saramago, 2001), na medida em que aqueles tendem a tornar-se muito formais perante uma situação de entrevista, mas por outro lado, adoram estar sentados a falar com quem os quiser ouvir. Trata-se igualmente de uma questão de oportunidades, uma vez que se tiverem outras actividades mais apelativas não se sentirão tão motivados para conversar (Graue e Walsh, 2003).

A análise documental²⁰⁰ foi outra das técnicas de investigação a recorreremos, revelando-se do maior interesse nomeadamente a análise de documentos do Ministério da Educação (sobretudo os programas curriculares das disciplinas de Biologia e Geologia), de documentação e legislação relacionada com a educação científica e ainda documentação diversa recolhida na escola (cartazes, editais, panfletos, jornal da escola, jornal do município local...) e nas instituições que visitámos com os professores e alunos (museus, universidades).

Antes de se analisar os dados obtidos, foi necessário registá-los e prepará-los. No caso dos dados obtidos através de entrevistas, foi importante registar o que foi dito e posteriormente transcrevê-lo. No caso da observação, a tarefa mais importante consistiu

²⁰⁰ É difícil enumerar de forma exaustiva todos os materiais passíveis de constituir fonte documental, bastando para isso que pensemos na profusão quer de *documentos escritos* (documentos oficiais, estatísticos e não estatísticos, obras literárias e científicas, entre muitos outros), quer de *documentos não escritos* (televisão, rádio, fotografias são alguns dos inúmeros exemplos) (Almeida e Pinto, 1990: 95). Não devendo esquecer também as potencialidades associadas ao acesso a fontes dispersas decorrentes da exploração das tecnologias de informação, com particular ênfase para a Internet, naquilo a que Lee (2003) designa por '*tecnologias transformadoras da pesquisa social*'.

no registo das acções e interacções observadas. Adicionalmente, procurou-se complementar, quer as declarações quer as actividades, com o registo de detalhes de enriquecimento contextual das mesmas. Este registo processou-se através do recurso a anotações sobre o trabalho de campo, sob a forma de um diário de investigação. Procurou-se com este processo transformar os relatos estudados e as observações registadas no terreno numa base para a análise concreta. Procurou-se através do diário do trabalho de campo registar as experiências, as ideias, os avanços e entraves com que nos deparámos, numa sequência de dados que nalguns casos resultaram em análises, interpretações e reflexões que começaram no início do trabalho no terreno e se prolongaram até à sua conclusão.

O registo²⁰¹ e a transcrição dos dados permitiram-nos transformar em texto a realidade social que nos foi disponibilizada enquanto observadores no campo. Esta organização dos dados teve como objectivo principal documentar a realidade social em estudo na sua especificidade e na sua estrutura. Com efeito, de acordo com Flick, os textos produzidos desta forma procuram reconstituir a realidade observada de forma específica e permitem, enquanto material empírico, o acesso aos processos de interpretação. No sentido de que tal permite ao investigador reconstituir os casos, dividindo a sua estrutura em partes analisáveis – como as regras de funcionamento, os significados que lhes estão subjacentes ou as partes que o caracterizam (2005: 177).

O material recolhido na pesquisa qualitativa foi depois sujeito a uma análise de conteúdo. A análise temática constitui-se, regra geral, como a primeira etapa da análise de conteúdo, correspondendo a uma análise habitualmente descritiva do observado e registado (Bardin, 1977). Sucintamente, a análise do material recolhido dá-se ao: i) ao nível do discurso e da identificação de temas e de argumentos; e ii) ao nível das acções (com a identificação dos intervenientes e do sistema de relações existentes). Depois de codificados e associados a diferentes campos os dados recolhidos, formulam-se proposições de interacção entre as categorias, de que resulta um modelo explicativo específico de um fenómeno social (Demazière e Dubar, 1997).

É neste sentido que Isabel Guerra (2012) nos indica que *a análise de conteúdo pretende descrever as situações, mas também interpretar o sentido do que foi dito. (...) ..falamos de uma série de operações, como descrever os fenómenos sociais (...), descobrir as*

²⁰¹ Na nossa investigação, procedeu-se ao registo magnético das entrevistas marcadas de forma mais protocolar e ao registo manual das observações da realidade quotidiana e das conversas orientadas para os objectivos da investigação, assim como a adição de notas complementares, de natureza contextual ou de reflexão interpretativa da realidade social em estudo, anotadas sob a forma de um diário de campo.

suas co-variações ou associações (...) e ainda descobrir relações (...) [com vista à] interpretação das dinâmicas sociais em estudo. Por outras palavras, a análise de conteúdo é uma técnica cujo procedimento visa o confronto e a articulação entre as interrogações do investigador, o seu referencial teórico-conceptual e os dados empíricos que recolheu – diários de campo, entrevistas, documentos... –, comportando uma dimensão descritiva e uma dimensão interpretativa dos fenómenos observados.

Depois de transcritas, impressas, lidas e anotadas²⁰², as entrevistas, e depois de impressas, lidas e anotadas as observações registadas no diário de campo, tentou-se através de uma leitura indutiva (seguindo pois uma lógica de raciocínio que parte do particular para o geral) atingir novas temáticas (descritivas) e problemáticas (níveis de análise) que permitissem novas interpretações sobre o fenómeno em estudo.

A análise de uma grande diversidade de material escrito segue geralmente quatro etapas: i) redução e selecção da informação; ii) descrição; iii) interpretação/verificação; e iv) escrita e divulgação. A análise pode ser descritiva – tendo por finalidade descrever o que foi dito pelos entrevistados numa lógica de agregação das diferentes perspectivas relatadas e observadas. Ou procurar uma análise interpretativa ou compreensiva da realidade social observada (Guerra, 2012). Ora, desejavelmente, o trabalho sociológico, pelo menos o que ambiciona uma análise aprofundada dos fenómenos sociais, não se circunscreve à descrição dos factos observados nem à apresentação de uma relação causal; ao investigador importa relacionar os fenómenos à luz das interrogações que concebeu face ao objecto de estudo. Assim, além da descrição etnográfica dos factos observados, há que analisar os sentidos sociais por detrás dos fenómenos relacionando as particularidades das interacções dos indivíduos na sua vida quotidiana em estreita correlação com os fenómenos estruturais que os enquadram. E é justamente esta articulação que permite ao investigador a passagem para um nível interpretativo, sendo que é nesta fase que lhe é permitido avançar com proposições teóricas potencialmente explicativas do fenómeno que está a estudar.

A este propósito, como argumentado por Guerra, no contexto de uma investigação compreensiva, ambiciona-se defender o sentido da plausibilidade dos resultados, sendo para isso necessário *construir um modelo científico de interpretação dos resultados da pesquisa. Coloca-se agora um outro nível de abstracção e de exigência na investigação: torna-se necessário interpretar sociologicamente o material, cruzando a*

²⁰² Anotações de síntese narrativa – análise temática –, e anotações de remissão para uma relação mais conceptual – análise problemática.

diversidade das informações que até então foram analisadas parcelarmente por sujeitos e temas (Guerra, 2012: 83).

Todos os percursos de investigação culminam necessariamente na elaboração de um texto final²⁰³, sem o qual o seu contributo para o conhecimento científico não se materializa. Independentemente da natureza, da dimensão ou da finalidade desse texto final, ou até mesmo da predisposição e experiência do investigador, tal raramente se afigura um processo simples. Dada a natureza académica dos objectivos que presidiram à redacção do presente texto, procurámos ter presente as seguintes dimensões principais: i) a explicitação dos enunciados teóricos a partir dos quais concebemos a problemática do nosso estudo; ii) a apresentação da abordagem metodológica adoptada – sendo que nos pareceu particularmente importante a clarificação da metodologia de análise seguida porquanto remete para estratégias de recolha e análise de dados menos difundidas ou aceites em investigação sociológica²⁰⁴; iii) e a enunciação da significação teórica e de resultados com base na observação empírica, ainda que preservando a confidencialidade das pessoas e das instituições que gentilmente acederam a que um estranho penetrasse no seu mundo durante longo e continuado período de tempo e com as quais estabelecemos uma relação baseada em laços de confiança.

Numa nota final, se os resultados alcançados pelo nosso trabalho, como almejado por qualquer trabalho científico, puderem contribuir para uma reflexividade colectiva, nada mais útil e gratificante que devolver à sociedade aquilo que nos emprestou... partilhando a possibilidade de progredir no conhecimento de uma área sensível para um futuro mais auspicioso para todos: a educação científica de crianças e jovens.

²⁰³ Que tem lugar sejam quais forem os objectivos que conduziram à investigação. E que pode assumir a forma de relatório, dissertação ou tese académicas, entre outras; e que deverá ser redigido em função das características específicas da sua finalidade e dos públicos a que se destina.

²⁰⁴ Procurando justificar a decisão (em boa parte influenciada pela natureza do objecto de pesquisa mas também pelo próprio conhecimento que tínhamos do terreno), com base nas vantagens que nos pareceu apresentar para o aprofundamento do conhecimento sociológico sobre a educação científica de crianças e jovens em Portugal; identificando naturalmente também as suas limitações.

PARTE III

**DINÂMICAS E CONTEXTOS DE ENSINO
E APRENDIZAGEM DA CIÊNCIA**

Na Parte III, intitulada *Dinâmicas e Contextos de Ensino e Aprendizagem da Ciência*, damos conta das observações efectuadas e da sua análise sociológica. Trata-se de uma parte eminentemente reveladora da prática educativa da ciência na e a partir da escola. Ou seja, d' *a ciência tal qual se ensina e aprende*, na sua prática contextualizada quotidiana, que ilustrámos sob a forma de estudos de caso de boas práticas de escolas, professores e outros agentes e instituições educativos. Esta parte encontra-se dividida em três capítulos.

Começamos, no capítulo 6, por fazer uma apresentação dos trabalhos que vimos realizando no Centro de Estudos em Inovação, Tecnologia e Políticas de Desenvolvimento – In+, por forma a contextualizar o fio condutor do nosso trabalho. Para tal, focamos alguns breves aspectos do desenvolvimento científico e tecnológico português, a exposição *Engenho e Obra: a Engenharia em Portugal no século XX* como um instrumento de difusão de cultura científica, e o concurso *Pensar e Fazer* como um estímulo à imaginação. Neste capítulo fazemos ainda uma referência a dez projectos escolares e às reflexões que nos suscitaram.

Depois, no capítulo 7, apresentamos estudos de casos que resultam do primeiro ano de trabalho de campo no âmbito da presente investigação, que se revelaram bastante frutíferos no que concerne à identificação e discussão de actores e factores críticos do ensino experimental das ciências.

No oitavo e último capítulo, damos a conhecer o trabalho de campo do segundo ano no terreno, que designámos por *A Ciência tal qual se ensina e aprende*. Começamos por fazer a apresentação e análise dos dois estudos de caso realizados, apresentando depois uma proposta (desejavelmente) compreensiva da educação científica de crianças e jovens no seu contexto escolar e nas interligações que a partir daí se estabelecem.

Capítulo 6

Difusão de Cultura Científica e Ensino da Ciência

Instrumentos e incentivos. Uma exposição e um concurso.

*A fábrica social da ciência
convoca hoje a sociedade toda.*

Mariano Gago

O trabalho que se apresenta neste capítulo é resultado de actividades de investigação desenvolvidas pela autora desde 2001 no Centro de Estudos em Inovação, Tecnologia e Políticas de Desenvolvimento – IN+, do Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa. As actividades desenvolvidas, individualmente e em equipa²⁰⁵, com a coordenação do Professor Manuel Heitor, numa fase inicial centraram-se no estudo do desenvolvimento científico e tecnológico português e na sua comparação internacional, tendo-se depois focalizado na promoção da cultura e literacia científicas, e depois no ensino e aprendizagem da ciência.

Os trabalhos realizados ao longo de vários anos²⁰⁶ constituíram o grande estímulo e uma base imprescindível de conhecimento para o desenvolvimento, numa fase mais avançada, de um trabalho aprofundado sobre o ensino e aprendizagem da ciência em Portugal. De todos eles advieram com efeito, em larga medida, a motivação, a inspiração e a possibilidade de avançar para trabalhos específicos com vista à obtenção de doutoramento. E é justamente dos principais resultados desses trabalhos que damos conta neste capítulo, de forma sucinta, porquanto nos parecem fundamentais para enquadrar o que viria a ser uma análise mais focalizada e profunda sobre a educação científica de crianças e jovens, de que daremos conta nos capítulos seguintes.

A nossa experiência em termos de difusão de cultura científica e de compreensão pública do papel da engenharia, ciência e tecnologia para o desenvolvimento da sociedade portuguesa, em especial junto de crianças e jovens, surge

²⁰⁵ Da vasta lista de colegas que contribuem diariamente para o trabalho colectivo do IN+, destacamos os elementos das equipas interdisciplinares (ou não fosse a autora uma *socióloga entre engenheiros*) em que nos fomos inserindo ao longo do tempo e com quem trabalhámos, portanto, de forma mais sistemática, pela proximidade dos nossos objectos de estudo: Manuel Heitor, Hugo Horta, Anabela Piedade, Maria José Francisco, Margarida Diniz.

²⁰⁶ Ver Heitor, Horta e Ramiro (2004), *Engenho e Obra: um instrumento de difusão de cultura tecnológica?*, Centro de Estudos em Inovação, Tecnologia e Políticas de Desenvolvimento, Instituto Superior Técnico, Relatório Interno; Heitor, M. (org.) (2004) *Pensar e Fazer Engenharia com os Mais Novos: um ensaio sobre cultura tecnológica para pais e educadores*, Lisboa, D. Quixote.

associada à Exposição *Engenho e Obra – Engenharia em Portugal no Século XX*, ao concurso *Pensar e Fazer*²⁰⁷ e ao acompanhamento de projectos de ensino experimental das ciências em escolas dos ensinos básico e secundário²⁰⁸.

Começamos, deste modo, por dar conta, no primeiro ponto, de alguns dados de enquadramento acerca do desenvolvimento do sistema científico e tecnológico português. De seguida, apresentamos uma exposição e um concurso como instrumento e incentivo à difusão de cultura científica. Depois, apresentamos e reflectimos sobre dez projectos escolares de ensino-aprendizagem da ciência.

6.1 Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Portugal. Breve contextualização.

O desenvolvimento científico e tecnológico de Portugal ao longo da maior parte do século XX pode ser discutido em termos de uma evolução continuamente centrada num conflito entre desenvolver um sistema intrinsecamente nacional, orientado para responder a especificidades locais ou, em alternativa, um sistema integrado numa comunidade internacional, cada vez mais globalizada. A persistência na centralização do debate sobre ciência e tecnologia (C&T) nesta questão durante todo o século passado, levou a que o atraso que caracterizou o país, sobretudo até aos anos de 1970, esteja predominantemente associado ao facto de *não ter havido coragem, em nenhum momento, de adoptar francamente os modelos mais avançados, invocando-se sempre as condições peculiares do País para afinal aceitar a sobrevivência de fórmulas abandonadas* (Rocha, 1962).

O crescimento considerável do sistema de C&T português, viabilizado pela integração europeia e promovido especialmente durante a segunda metade da década de 1990, resultou na integração de Portugal, em 2001, no grupo de países de excelência que contribuíam para o *top 1%* das publicações mais citadas mundialmente. Todavia, a persistente escassez de recursos humanos e materiais, por comparação internacional, e sobretudo a debilidade do quadro institucional vigente, continuavam a evidenciar um atraso científico estrutural, particularmente materializado na falta de autonomia das instituições científicas e na conseqüente dependência do Estado.

²⁰⁷ A nossa colaboração neste concurso passou pela divulgação do concurso em escolas dos ensinos básico e secundário, e com a identificação de casos de boas práticas de ensino da ciência nas escolas.

²⁰⁸ Ver Ramiro, Diniz e Heitor (2004).

Reforçar o papel de Portugal na sociedade internacional emergente exige a valorização da ciência, e a promoção de uma sociedade mais inovadora e criativa que fomente a procura social de novo conhecimento. Donde, a compreensão do papel da ciência e da tecnologia nas sociedades actuais pressuponha que não menosprezemos a importância do desafio de estimular a imaginação e o espírito de iniciativa, fomentando sociedades criativas e inovadoras.

Crescentemente tem vindo a reforçar-se a ideia da transição para uma sociedade baseada no conhecimento e na aprendizagem, em que a inovação surge como uma prioridade de percursos individuais e colectivos de sucesso. Como discutido por Conceição, Heitor e Lundvall (2003), a inovação científica e tecnológica corresponde à tradução económica do esforço de criatividade e de iniciativa associado à criação e à aplicação de novas ideias. Neste sentido, o desenvolvimento científico e tecnológico associado à conceptualização e materialização de uma sociedade do conhecimento remete-nos, inevitavelmente, para a questão dos recursos humanos (designadamente o seu nível educativo e a sua especialização), dotados de capacidades de desempenho em ambientes competitivos e crescentemente exigentes em termos de conhecimento, e para as actividades e incentivos que são orientados para a difusão do conhecimento. Equacionar o desenvolvimento de um sistema científico e tecnológico com base na qualificação dos recursos humanos e/ou dos recursos afectos às actividades de investigação e desenvolvimento é, necessariamente, uma caracterização incompleta (Heitor, Horta e Ramiro, 2004). Todavia, cremos, será consensual admitir que o nível educativo dos recursos humanos que constituem o capital humano de um sistema científico e tecnológico tenha uma correspondência directa com a capacidade individual e colectiva de produzir e acumular conhecimento.

Decorrente desta linha de investigação, deparámo-nos com a necessidade de compreender dois fenómenos distintos mas complementares:

- o papel do sistema de ensino (no nosso caso em particular, da escola e da educação pré-universitária em ciências²⁰⁹), na sua função de dotar os indivíduos de conhecimentos científicos e capacidades de aprendizagem ao longo da vida. Conhecimentos e capacidades que têm em vista permitir a flexibilidade necessária para enfrentar a instabilidade e rotatividade de empregos e funções que se prevêem

²⁰⁹ Alguns colegas, de que é exemplo Hugo Horta, ter-se-ão focado no ensino superior.

inevitáveis no futuro profissional, mas que possibilitam também uma vida pessoal e social mais plena a cidadãos científica e tecnologicamente literatos.

- a importância e a necessidade de fomentar um sistema de incentivos à difusão de cultura e literacia científicas.

6.2 Instrumentos e incentivos de difusão de cultura científica: Uma exposição e um concurso

Ao contar uma história sobre a engenharia em Portugal no século XX, recriando ambientes, expondo elementos emblemáticos e os momentos de maior capacidade inovadora e, em simultâneo, perspectivando o futuro e novas áreas emergentes, a exposição *Engenho e Obra: Engenharia em Portugal no Século XX*²¹⁰ foi um instrumento para a difusão de cultura científica, o qual foi concebido juntamente com o concurso *Pensar e Fazer*²¹¹. Pretendia-se incentivar-se a população (especialmente os mais jovens), a conhecer o nosso passado, percebendo factos e feitos do processo de mudança tecnológica ao longo do século XX e, sobretudo, estimular atitudes críticas perante um melhor conhecimento da nossa evolução recente.

6.2.1 *Engenho e Obra: Engenharia em Portugal no Século XX*. Uma exposição como instrumento de difusão de cultura científica

Tentar compreender o papel de uma exposição como instrumento de difusão de cultura científica foi o que motivou um estudo realizado durante a exposição *Engenho e Obra: Engenharia em Portugal no Século XX*, o qual incluiu a análise da diversidade de formas de divulgação científica (textos, filmes, maquetas, aplicações multimédia) e a abrangência do tema da exposição, incluindo história e engenharia, para um público naturalmente diversificado²¹². A análise incluiu um processo de recolha sistemática de

²¹⁰ Para detalhes, consultar: <http://www.engenharia.com.pt/> ou Heitor, M., J. M. B. de Brito, M. F. Rollo, H. Cayatte, J. Pessoa, R. Trindade (eds.) (2003), *Engenho e obra: memória de uma exposição*, Lisboa: Dom Quixote.

²¹¹ Ver detalhes em:

http://green-wheel.innovagency.com/site/gwb_competicao_01.asp?idioma=0&competicaooid=6.

²¹² Para detalhes ver Heitor, Horta e Ramiro, 2004.

informação²¹³ e entrevistas informais com visitantes na forma de *conversas com um objetivo*²¹⁴.

A apreciação que os mais novos, assim como o público em geral, fizeram da exposição e o desejo que manifestaram em continuar a ter acesso aos conteúdos disponibilizados, nomeadamente através da internet, mas também de núcleos museológicos, leva-nos a admitir que as diversas formas de divulgação científica de que a exposição se revestiu contribuíram para alargar o leque de públicos que a exposição contemplou. Se, numa fase inicial, a transdisciplinaridade parece ter operado como apelo, a análise mostrou ter sido determinante para o interesse que a exposição despertou.

Naturalmente que tem sido mostrado que a proximidade à ciência está fortemente relacionada com os níveis de ensino mais elevados e com os recursos sociais e cognitivos deles decorrentes²¹⁵. Todavia, existem públicos da ciência em todas as esferas sociais e, nessa medida, a análise aponta para a necessidade de se promoverem iniciativas diversas consoante os diferentes tipos de público.

Note-se que a exposição surgiu num contexto facilitado pelo surgimento, em 1997, do Programa Ciência Viva²¹⁶, o qual tem sido determinante no combate à iliteracia científica que caracteriza o nosso País. Como discutido na Parte I (capítulo 2), a literacia remete-nos para a capacidade de processar informação escrita na vida quotidiana, traduzindo-se na prática por capacidades de leitura, escrita e cálculo de materiais escritos usados no dia-a-dia profissional, social e pessoal²¹⁷. Quando falamos em cultura científica referimo-nos a uma condição de exercício da cidadania e uma capacidade de entender e lidar com a ciência e tecnologia (Gonçalves, 2002). Neste contexto, os resultados de estudos sobre a cultura científica dos portugueses²¹⁸ e o

²¹³ No âmbito deste estudo, realizado por Hugo Horta e Eugénia Ramiro, sob a coordenação de Manuel Heitor, foram realizados 1.604 inquéritos (entre os cerca de 61.000 visitantes, incluindo cerca de 40.000 crianças e jovens de escolas de todo o país, de todas as idades, graus e variantes de ensino, de escolas públicas e privadas), incluindo quatro tipos de visitantes: (i) alunos no âmbito de visitas organizadas pelas escolas; (ii) professores nas visitas organizadas pelas escolas; (iii) público em geral, o qual era maioritariamente constituído por visitantes com formação superior; e (iv) guias da exposição.

²¹⁴ Como descrito por Burgess, 2001.

²¹⁵ Ver, em particular, Costa *et al.*, 2002.

²¹⁶ Como reconhecido por um relatório de 2002 da Comissão Europeia sobre promoção da cultura científica e da compreensão pública da ciência (2002a). Para mais detalhes sobre o Programa Ciência Viva, ver o trabalho exaustivo de Conceição, 2011.

²¹⁷ Os resultados das pesquisas feitas em Portugal revelam que o perfil geral de literacia do país é bastante fraco (Benavente, 1996; Costa, 2000), não sendo a situação particularmente diferente no que respeita à literacia científica (Gonçalves, 2000).

²¹⁸ Este tipo de análise assenta no pressuposto de que a ciência e a tecnologia encontram condições mais favoráveis ao seu desenvolvimento em sociedades cuja população tem determinado nível de

impacto do nível de conhecimento científico sobre as crenças relativas à ciência e às relações entre a ciência e a sociedade²¹⁹ mostram que, genericamente, quando comparado com dados europeus, os portugueses apresentam um défice de cultura científica. Conclui-se ainda que essa situação pode ser explicada pelas condições de aprendizagem e também pela escassez de oportunidades de contacto com o mundo da ciência e da tecnologia²²⁰. Todavia, apesar do atraso do país neste domínio, tem havido uma evolução dos públicos de ciência em Portugal, no sentido do aumento de volume bem como do crescimento do grau de exigência²²¹.

Mas o papel de uma exposição como instrumento de difusão de cultura científica junto dos mais novos remeta-nos, a cada instante e de forma cada vez mais pronunciada, para a reflexão sobre o processo de aquisição de competências científicas e de como deverão as crianças e jovens progredir em direcção à literacia e cultura científicas.

Vivemos numa sociedade em que somos crescentemente confrontados com a necessidade de conhecimentos científicos e tecnológicos com vista à tomada de decisões que afectam todos e cada um de nós. Importando pois caminhar no sentido de uma sociedade composta por cidadãos aptos a lidar com a ciência.

No sentido de contribuir para uma União Europeia com elevados níveis de cultura científica, Solomon *et al.* (1995) apontam a necessidade de apostar no ensino da ciência. Nos Estados Unidos da América, o *National Research Council* (1996) tem apostado na reestruturação do ensino da ciência através do *National Science Education Standards*; papel igualmente decisivo na reforma do ensino da ciência tem sido assumido pela *American Association for the Advancement of Science*, nomeadamente através do Project 2061, que desde 1985 é desenvolvido com o intuito de ajudar a desenvolver a literacia em ciência, tecnologia e matemática de todos os americanos.

O desafio de caminhar para uma sociedade cientificamente literata e com cidadãos melhor preparados para lidar com os fenómenos científicos e tecnológicos

conhecimentos científicos e atitudes positivas face à ciência. Assim, procura avaliar o grau de conhecimentos científicos dos cidadãos partindo da premissa de que é vital nas sociedades democráticas os cidadãos dominarem certas noções e conhecimentos básicos sobre ciência, e de que o conhecimento da ciência é importante para legitimar as políticas científicas governamentais e os impactes sociais do conhecimento científico.

²¹⁹ Ver, por exemplo: *Inquérito à Cultura Científica dos Portugueses* (realizado Portugal pela primeira vez em 1988, no âmbito do extinto *Observatório da Ciência e do Ensino Superior*, sob alçada do então *Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior*); Ávila *et al.*, 2000; Rodrigues *et al.*, 2000.

²²⁰ Como discutido por Rodrigues *et al.*, 2000.

²²¹ Costa *et al.*, 2002.

aponta para uma aposta fundamental na educação científica e tecnológica. É nesse sentido que Canavarro defende que “*a educação científica deverá adaptar-se às exigências da sociedade, permitir aos indivíduos pensar e agir de forma independente. Deve apresentar novas ideias e treinar competências de investigação como forma a permitir-lhes a auto-regulação das aprendizagens, a satisfação pessoal e a responsabilização social.*” (1999: 89)

6.2.2 *Pensar e Fazer*. Um concurso como estímulo à imaginação em engenharia, ciência e tecnologia

Conjuntamente com a exposição concebeu-se e promoveu-se um concurso, que surge como um desafio aos mais jovens, estimulando a sua imaginação e espírito de iniciativa sobre temáticas relacionadas com a engenharia (mas muito abrangente em termos temáticos, de natureza dos trabalhos ou ainda do carácter disciplinar dos mesmos, apelando-se até à sua transdisciplinaridade, reflectindo uma visão integradora e global dos saberes). Implementado desde 2003, as áreas de intervenção do concurso incluem temáticas diversificadas (como descrito no Quadro 6.1), incentivando a realização de trabalhos em escolas, independentemente do seu estatuto público ou privado, por grupos de alunos entre os 6 e os 18 anos de idade, sob a orientação de professores²²².

²²² Para mais detalhes, ver: http://www.engenhoeobra.net/esxx_escola_11.asp?concurso=1.

QUADRO 6.1

Estruturação do concurso Pensar e Fazer (2003 e 2004)

| Áreas de intervenção | Forma do concurso | Destinatários | Apresentação do trabalho | Exemplos de trabalhos apresentados a concurso |
|-----------------------|---|--|---|--|
| "obras e engenhos" | Análise histórica de obras de engenharia | 1.º ciclo | Desenhos, pinturas, colagens ou outros trabalhos gráficos, em suporte de papel ou digital | . Ponte Vasco da Gama . Passadeira Electrónica . As azenhas |
| "lá em casa" | Identificação de equipamentos, nomeadamente de uso doméstico, com texto descritivo e análise histórica | 1.º, 2.º e 3.º ciclos | Desenhos, pinturas, colagens ou outros trabalhos gráficos ou escritos, em suporte de papel ou digital | . Cozinha Moderna . Máquina fotográfica II . Composição Plástica - Escultura |
| "fazer história" | Identificação de espólios institucionais de interesse histórico, incluindo a descrição de factos históricos | 2º e 3.º ciclos Ensino Secundário | Descrição de factos históricos, contributo de personagens ou figuras importantes e respectivo impacto no meio local, em suporte de papel ou digital | . O moinho . A azenha velha . Pé cá, pé lá....no fundo o Douro |
| "temas e personagens" | Trabalhos de pesquisa sobre temas e personagens de interesse histórico, utilizando a base de dados disponibilizada no portal www.engenharia.com.pt | 2º e 3.º ciclos Ensino Secundário | Descrição de personagens ou acontecimentos e seus autores, em suporte de papel ou digital | . Detector de veículos em contra mão . As pontes e o seu contributo para a mobilidade urbana – Gustavo Eiffel e a construção das pontes . Segurança na estrada |
| "à escala" | Construção de maquetas de equipamentos e obras, com texto descritivo e factos históricos, assim como análise dimensional | 3.º ciclo Ensino Secundário | Apresentação do trabalho em maqueta à escala. Memória descritiva em suporte de papel ou digital, incluindo a descrição do equipamento e obra, factos históricos e análise dimensional | . Os Caminhos da Electricidade . Arquitectura Tradicional Beirã . Cassiano na actualidade |
| "para brincar" | Construção de brinquedos, com texto descritivo, e integrando materiais diversos e, sempre que necessário, elementos e sistemas mecânicos e eléctricos | 1.º, 2.º e 3.º ciclos Ensino Secundário | Apresentação em diversos suportes, tais como texto, painéis, maqueta, audiovisual. Memória descritiva em suporte de papel ou digital, incluindo descrição do equipamento | . NINOECO . Automóvel Buggie X9 . Os voadores |
| "raiz quadrada" | Trabalhos que relacionem as ciências básicas (matemática, física, química) com obras de engenharia e a aplicação da tecnologia | Ensino Secundário | Apresentação em suporte de papel ou digital incluindo a descrição da obra/engenho | . Campo Magnético e Telemóveis . Pêndulo Balístico Energia Eólica |
| "na net" | Construção de páginas na internet sobre equipamentos específicos e obras de engenharia | 2º e 3.º ciclos Ensino Secundário | Apresentação do trabalho em suporte digital. Memória descritiva em suporte de papel ou digital | . As Obras e Engenhos do Rio da Carvalho . Redesign do Animatropé . Pequenos ao volantes |

Ao conceber o concurso, a estruturação dos temas foi associada a uma evolução gradual de áreas de intervenção, em função dos vários graus de ensino, procurando reflectir o que pensamos que poderão ser as competências científicas a desenvolver em cada etapa da vida escolar, e que de forma progressiva formam uma geração de pessoas científica e tecnologicamente mais cultas. Em última instância, esta preocupação traduziu-se no formato e natureza dos trabalhos a apresentar a concurso. E, neste sentido, as áreas de intervenção do concurso foram formatadas para que a realização dos trabalhos pudesse ser implementada no âmbito dos currículos disciplinares.

Os inúmeros trabalhos apresentados a concurso²²³ levam-nos a considerar a necessidade de fomentar uma evolução contínua na forma e nos conteúdos para a difusão de cultura científica. O avanço da ciência e tecnologia para níveis como os actuais tem-se vindo a desenvolver mercê da acumulação progressiva de conhecimento, e a difusão de cultura científica aos mais jovens deverá passar pela sensibilização gradual de que o conhecimento científico e tecnológico implica um processo constante de mudança e continuidade, traduzido num esforço permanente de aperfeiçoamento, verificação, revisão e validação (Heitor, Francisco e Ramiro, 2004).

Da primeira e segunda edições do concurso Pensar e Fazer resultaram, ainda, um encontro nacional para atribuição dos prémios, na Universidade de Aveiro, e uma exposição no Pavilhão do Conhecimento, no âmbito da Semana da Ciência e da Tecnologia, onde estiveram patentes todos os trabalhos submetidos a concurso.

²²³ Ver trabalhos em M. Heitor (org.) (2004), *Pensar e Fazer Engenharia com os Mais Novos: um ensaio sobre cultura tecnológica para pais e educadores*, Lisboa, D. Quixote.

Exposição “Pensar e Fazer. Engenharia para os mais novos” Mostra pública de todos os trabalhos submetidos a concurso.

Pavilhão do Conhecimento. Semana da Ciência e da Tecnologia, 22 a 28 de Novembro de 2004



Figura 6.1 Exposição “Pensar e Fazer. Engenharia para os mais novos”#1. ©Eugénia Ramiro

Figura 6.2 Exposição “Pensar e Fazer. Engenharia para os mais novos”#2 ©Eugénia Ramiro



Figura 6.3 Exposição “Pensar e Fazer. Engenharia para os mais novos”#3 ©Eugénia Ramiro

6.3 Factos e feitos em projectos escolares

Apresentamos de seguida um conjunto de projectos escolares desenvolvidos com o objectivo de introduzir jovens e crianças à ciência e tecnologia, nomeadamente através de formas de ensino experimental das ciências. Os vários projectos aqui discutidos e analisados foram observados durante o ano de 2003, enquanto decorria em Lisboa a exposição *Engenho e Obra: Engenharia em Portugal no Século XX*”, assim como a 1ª edição do concurso *Pensar e Fazer*, estando alguns dos casos directamente associados a estas iniciativas e tendo originado trabalhos submetidos ao concurso. O que agora damos a conhecer são formas particularmente simples de apresentar a ciência e a tecnologia aos mais novos com a finalidade de estimular o gosto por questionar e por aprender a evoluir na descoberta do desconhecido.

Começamos por fazer uma breve contextualização sobre desafios associados ao ensino experimental da ciência e da tecnologia. Depois, discutimos dez projectos desenvolvidos em escolas públicas e privadas portuguesas dos ensinos básico e secundário. Referem-se a casos em escolas em diferentes localidades, de Braga a Portimão, e sobre temáticas diversificadas e com aplicação a diferentes idades, dos 6 aos 18 anos, de uma forma que reflecte uma visão integradora e global dos saberes. Concluímos com uma reflexão sobre os casos apresentados, de uma forma que tenta integrar as várias experiências e estimular ideias para futuros projectos.

6.3.1 *Pensar e Fazer na escola. O papel dos projectos escolares*

Segundo Adey (2000), o ensino da ciência pode ser usado para promover a inteligência dos mais novos, mas envolver crianças e jovens em tarefas com tecnologia implica compreender diversos aspectos, incluindo formas de desenvolvimento cognitivo e as atitudes a desenvolver. A motivação e o desejo de aprender ajudam ao desenvolvimento conceptual e a atitudes de reflexão, que por sua vez vão suportar o desenvolvimento de capacidades de interpretação. Pode então dizer-se que as atitudes são importantes tanto para o desenvolvimento de capacidades cognitivas como de capacidades de acção.

Woulough e Alsop (1985) defendem a importância da existência de actividades que estimulem a aprendizagem e a discussão dos conceitos teóricos, de exercícios práticos que permitam o desenvolvimento de capacidades técnicas e de trabalhos de

pesquisa que conduzam à resolução de problemas e ao desenvolvimento de capacidades de investigação. Segundo os autores, o trabalho experimental (ou *prático*, na terminologia dos autores) tem três grandes objectivos: o desenvolvimento de capacidades práticas, o desenvolvimento de competências para resolver problemas e a oportunidade para sentir os fenómenos e lhes *tomar pulso*. Todavia, segundo Derek Hodson (1990, 1992b, 1993), devemos reflectir sobre a eficácia do trabalho prático, nomeadamente em termos da motivação dos alunos, da aquisição de competências, ou ainda ao nível dos conhecimentos de conceitos e procedimentos.

Assim, para Hodson (1993) a educação em ciência deverá incluir três aspectos:

- i) *Aprender Ciência* – adquirir e desenvolver conhecimentos teóricos e conceptuais (proximidade às teorias e conceitos científicos);
- ii) *Aprender acerca da Ciência* – compreender a natureza e os métodos científicos, e também as ligações entre ciência, tecnologia e sociedade;
- iii) *Fazer Ciência* – realizar investigações e desenvolver competências de investigação e de resolução de problemas.

Ao repensar a noção de *trabalho prático*, Hodson (1993) argumenta que a forma como esses trabalhos são introduzidos na educação de crianças e jovens afecta consideravelmente os resultados a obter, sugerindo que os objectivos da educação científica poderão ser alcançados através de actividades que envolvam simulações em computador, estudo de problemas concretos, construção de modelos, e entrevistas, entre outras. Em suma, a concretização do ensino experimental das ciências e a implementação de trabalhos e projectos práticos exige o repensar contínuo da forma do seu desenvolvimento, assim como a introdução consecutiva de tarefas simples, mas estruturantes (Osborne, 1993).

Segundo Miguéns e Garrett (1991), as críticas à ineficácia do trabalho prático apontam genericamente para um dos seguintes aspectos:

- i) Separação que os alunos vêem entre os seus esquemas conceptuais e as práticas;
- ii) Utilização de actividades normalmente convergentes e muito estruturadas, no sentido da procura da resposta certa;
- iii) Visão indutiva dos processos científicos e ideia de descoberta do inevitável;

- iv) Abordagem em termos de *receita culinária*, em que os alunos seguem determinados procedimentos pré-definidos, sem particular atenção quer à pré-experiência ou à experimentação, quer à reflexão pós-experiência.

Deste modo, apesar da actividade de ensino e aprendizagem ter um carácter eminentemente prático, que envolve o *fazer*, verificamos que o seu interesse educativo implica igualmente o *pensar* (Miguéns, 1999). É neste contexto que apresentamos de seguida um conjunto de projectos escolares de ensino experimental das ciências, os quais foram desenvolvidos com a finalidade última de introduzir crianças e jovens às ciências. Os vários projectos seleccionados foram identificados durante o ano de 2003, no contexto da divulgação da 1ª edição do concurso “Pensar e Fazer”, enquanto decorria em Lisboa a Exposição *Engenho e Obra: Engenharia em Portugal no Século XX*. Alguns dos projectos estão directamente associados a estas iniciativas e resultaram em trabalhos apresentados no âmbito do concurso *Pensar e Fazer*.

6.3.2 Observações. Apresentação de dez projectos escolares

Apresentamos agora dez projectos desenvolvidos em escolas públicas e privadas portuguesas dos ensinos básico e secundário, geograficamente dispersas entre Braga e Portimão. Os projectos incluem temáticas diversificadas com aplicação a diferentes idades, dos 6 aos 18 anos, de uma forma que reflecte uma visão integradora e global dos saberes. Para além da heterogeneidade dos perfis das Escolas estudadas e do contexto sócio-económico em que se inserem, a análise mostra também uma grande diversidade em termos do âmbito da sua realização (i.e., nível de transdisciplinaridade) e, sobretudo, em termos do processo de aprendizagem usado, como esquematicamente representado na Figura 6.4 e resumido no Quadro 6.2. Com efeito, existe uma distribuição heterogénea dos vários projectos analisados resultante do facto de alguns casos serem de âmbito disciplinar e outros de natureza essencialmente transdisciplinar.

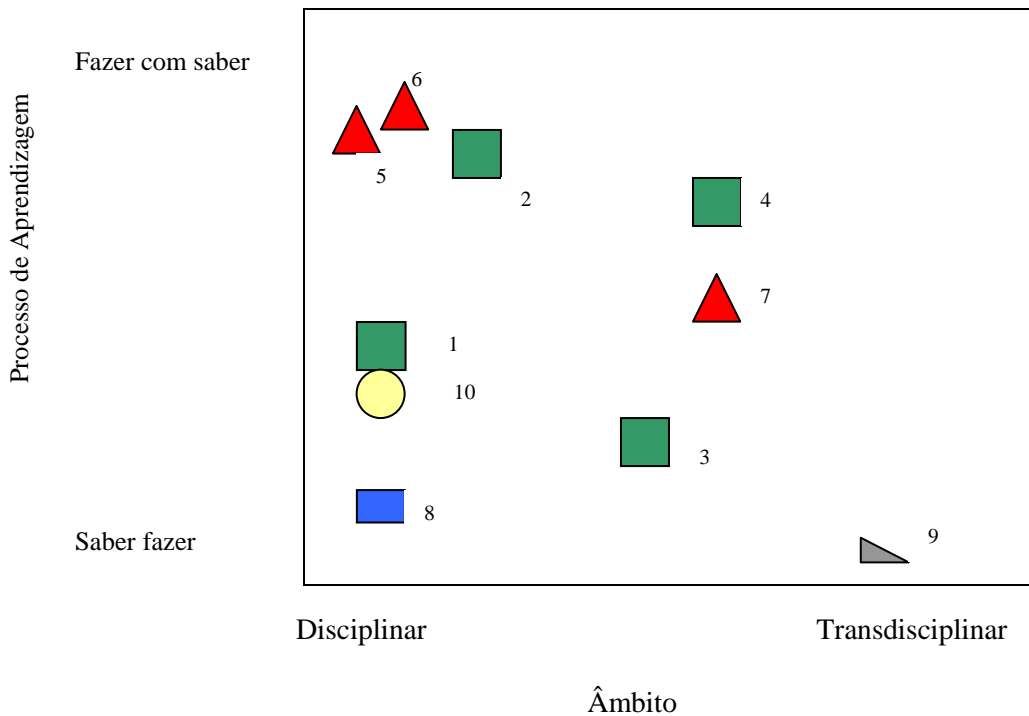
O processo de ensino/aprendizagem envolvido também varia entre a aquisição de competências pela integração de conhecimentos adquiridos e a transformação de competências em capacidades.

Entre outros aspectos, a evidência que pretendemos transmitir está associada ao facto de projectos de ensino experimental de ciências de natureza similar terem sido

abordados de modo distinto, demonstrando a inexistência de fórmulas únicas de ensino e aprendizagem. A análise é ainda importante para mostrar a introdução consecutiva de tarefas simples em projectos de ensino experimental, assim como o repensar contínuo da forma do seu desenvolvimento. No Quadro 6.3, apresenta-se um resumo dos aspectos mais relevantes dos dez projectos, podendo uma descrição individual mais detalhada de cada projecto ser consultada em anexo (Anexo A).






Figura 6.4

Posicionamento relativo dos vários projectos escolares analisados, segundo os símbolos no Quadro 6.2.



Quadro 6.2

Os projectos escolares analisados e apresentados na figura 6.4

| Ref. | Projecto | Local da escola | Idade dos alunos | Principal tópicos | Matérias envolvidas no processo de aprendizagem | Símbolo na figura |
|------|---|-----------------|---|--|---|---|
| 1 | “Os líquenes como bioindicadores da qualidade de ar da cidade de Lisboa” | Lisboa | 15/16 anos | Ciências e Engenharia do Ambiente | Biologia Informática |  |
| 2 | “Os líquenes como uma adaptação nutricional e como bioindicadores da qualidade do ar” | Beja | 16/17 anos | | | |
| 3 | “Crescer com as árvores – plantas aromáticas” | Braga | 17/18 anos | | Biologia Informática Artes gráficas | |
| 4 | “Lisboa e Sófia (Bulgária): estudo ecológico do ar e da água nestes dois ambientes urbanos” | Lisboa | 15/16 anos (Lisboa) 16/17 anos (Sófia) | | Física Química Inglês Português Informática | |
| 5 | “XADREZ 2003” | Braga | 16/17 anos | Tecnologias de Informação e Engenharia Informática | Informática |  |
| 6 | “Redesign do ANIMATROPE” | Figueira da Foz | 10/11 anos | | Artes gráficas Informática | |
| 7 | “Arte e Tecnologia” | Lisboa | 9/10 anos | | | |
| 8 | “Novas tecnologias na aula de matemática” | Braga | 16/17 anos | Matemática | Matemática Informática |  |
| 9 | “O carro do futuro” | Portimão | 6/10 anos | Transportes/ Mobilidade | Artes gráficas Matemática |  |
| 10 | “Filosofia e Ciência em diálogo” | Lisboa | 16/17 anos | Ciências Sociais e Humanas | Filosofia |  |

Quadro 6.3

Projectos de ensino experimental das ciências analisados em escolas portuguesas

| Re f. | Título | Idade dos Alunos Envolvidos | Principais Metodologias Utilizadas | Formato de Apresentação e Divulgação dos Resultados |
|-------|---|--|--|--|
| 1 | “Os Líquenes como bioindicadores da qualidade de ar da cidade de Lisboa” | 15/16 anos | - Trabalho de campo: visitas de estudo, com aquisição de informação; - Trabalho de laboratório: mediação de SO ₂ e observação microscópica de líquenes. | Dossier/portefólio com informação bibliográfica recolhida; - CD-ROM com imagens e documentos do projecto; - Página <i>web</i> sobre líquenes |
| 2 | “Os líquenes como uma adaptação nutricional e como bioindicadores da qualidade do ar” | 16/17 anos | - Trabalho de laboratório: observação de líquenes e compreensão do modo como podem ser usados como bioindicadores da qualidade do ar; - Trabalho de campo: recolha de sistemática de dados; - Trabalho de laboratório: análise e síntese de resultados dos dados recolhidos. | Tabelas de registos, gráficos e fotografias das árvores estudadas |
| 3 | “Crescer com as árvores – plantas aromáticas” | 17/18 anos | - Trabalho de campo e trabalho de laboratório: Plantação/cultivo e manutenção da área intervencionada (área exterior da escola), classificação e identificação de espécies, germinação de sementes em laboratório, propagação vegetativa por meio de estaca e secagem de plantas aromáticas, visitas de prospecção (Fundação Serralves, Parque Natural Peneda-Gerês...), encontros e folhetos informativos. | - Informatização de dados relativos às espécies vegetais; - Folhetos informativos; - Placas identificativas das espécies vegetais; - Aula aberta e venda de produtos |
| 4 | “Estudo ecológico do ar e da água em Lisboa e Sónia” | 15-16 anos (Lisboa)/ 16/17 anos (Sónia) | - Trabalho de campo: exame da cartografia e determinação das fontes de água da região; identificação de indústrias poluentes que sejam fontes de contaminação da água e do ar; realização de práticas laboratoriais fora e dentro da escola; visitas de estudo a outras escolas, a uma ETAR, a uma estação de resíduos sólidos e ao Museu da Água da EPAL; intercâmbio de resultados experimentais via e-mail, fax e correio; visita à Bulgária de alunos, professores e auxiliar de laboratório (durante a qual os intervenientes visitaram a escola parceira, museus, entidades e instituições para o estudo da água e do ar; visita de alunos e professores da escola búlgara a Portugal. | - Livro Branco, preenchidos pelas duas escolas em parceria e pelas entidades parceiras – GEOTA e Parque Expo; - Relatórios elaborados pelos alunos relativos às actividades experimentais, integrados nos currículos escolares; - Exposição de desenhos, fotografias, cartazes e dossier bilingue; - Divulgação do projecto pelos alunos na sua escola e nas escolas visitadas e no Parque das Nações; - Divulgação do projecto através da |

| | | | | |
|----|---|------------|--|--|
| | | | | internet na página <i>web</i> da escola. |
| 5 | “Xadrez 2003” | 16/17 anos | <ul style="list-style-type: none"> - Primeira fase: desenvolvimento de uma aplicação informática capaz de suportar, validando, o jogo de dois antagonistas humanos; - Segunda Fase: desenvolvimento do programa informático com a integração de ficheiros, com o objectivo de salvaguardar e retomar jogos, dotar o programa de auto-aprendizagem e, como, consequência, possibilitar a oposição de um adversário humano contra o próprio programa. | - Programa informático com jogo de xadrez |
| 6 | “Redesign do ANIMATROPE” | 10/11 anos | - Análise do funcionamento de ANIMATROPE (exploração livre do software e criação de um projecto de animação – avaliação do sistema em situação real); identificação dos aspectos a desenvolver (registos gráficos sobre fichas de trabalho específicas – ilustração da interface gráfica e elaboração de esquemas gráficos legendados para representar as alterações a fazer no sistema); criação de propostas para o <i>redesign</i> da aplicação (elaboração de desenhos sobre cartões para representar fluxos de interações sobre o sistema; criação de apresentações multimédia para simular alguns aspectos das novas funcionalidades; publicação das propostas na internet – <i>site</i> do projecto: Oficina Multimédia; elaboração de um relatório crítico sobre o trabalho realizado). | <ul style="list-style-type: none"> - Publicação das propostas de <i>redesign</i> do software ANIMATROPE na internet, no <i>site</i> do projecto: Oficina Multimédia; - Relatório sobre o trabalho realizado. |
| 7 | “Arte e tecnologia” | 9/10 anos | <ul style="list-style-type: none"> - Elaboração do percurso biográfico dos artistas; - Visitas aos Museus da Fundação Arpad-Szenes-Vieira da Silva, ao Centro de Arte Moderna José Azeredo Perdigão, da Fundação Calouste Gulbenkian, à Gare do Oriente, à Ponte Vasco da Gama, ao Elevador de Santa Justa e ao Bairro de Chelas; - Actividades no laboratório de informática: animação lúdico-pedagógica no computador | Jogo sobre a vida de Amadeu Souza Cardoso e Maria Helena Vieira da Silva |
| 8 | “Novas tecnologias na aula de matemática” | 16/17 anos | <ul style="list-style-type: none"> - Trabalho de campo: análise de modelos sólidos geométricos; visualização de uma apresentação em CD-ROM, utilizando um computador ligado a um projector LCD, para perceber a construção geométrica da determinação das várias secções; exploração “personalizada” da apresentação por parte dos alunos; resolução de fichas de exercícios de resolução manual (numa primeira fase, as fichas deverão ser resolvidas com base em explicações e nos casos expostos na apresentação em suporte digital, e na fase seguinte a resolução de problemas deverá fazer-se sem recorrer ao computador). <p>Nota: A apresentação é disponibilizada aos alunos que a queiram utilizar fora do contexto da sala de aula, nomeadamente em casa.</p> | Resolução de fichas de exercícios com e sem recurso a formato digital |
| 9 | “O carro do futuro” | 6/10 anos | <ul style="list-style-type: none"> - Elaboração de desenhos subordinados ao tema; - Eleição do veículo a construir em cada turma; - Construção dos veículos (com recurso a diversos materiais e técnicas de expressão e em consonância com as várias disciplinas leccionadas – por exemplo, a colocação de figuras geométricas na decoração de um veículo remete para um dos temas da Matemática); | <ul style="list-style-type: none"> - Desenhos de transportes do futuro; - Apresentação dos veículos construídos na Feira Pedagógica, em Portimão |
| 10 | “Filosofia e ciência em diálogo” | 16/17 anos | <ul style="list-style-type: none"> Realização de um trabalho como processo metodológico de aproximação entre os discursos científico e filosófico; - Selecção de uma obra literária, como instrumento de auxílio à compreensão da relação epistemológica entre Filosofia e Ciência; | Produção de textos |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | - Escolha de um tema de interesse do aluno, definição do problema, enunciação de objectivos, escolha de estratégias de realização dos objectivos, selecção de textos/materiais de apoio, produção de um texto. | |
|--|--|--|--|--|

Fonte: Escolas/2003

6.3.3 O que podemos aprender a partir destes casos?

Os casos apresentados, apesar de díspares, partilharam o objectivo de estarem baseados na observação experimental, de forma a proporcionar aos alunos envolvidos uma experiência de aprendizagem pela descoberta. No fundo, trata-se de facilitar e promover actividades de considerável simplicidade, mas estruturantes, que permitem estreitar a ligação dos programas escolares à realidade social, económica e cultural dos meios envolventes.

É particularmente interessante o facto dos vários projectos descritos anteriormente terem possibilitado que crianças e jovens de diferentes idades tenham sido confrontados com desafios, muitas vezes em contexto de problemas da vida real, integrando temas como a Biologia, a Matemática, a Filosofia ou as Artes, realizando trabalho de equipa, usando tecnologia para aceder a informação, consultando especialistas na matéria e utilizando os recursos disponíveis.

Mas que lições podemos tirar? Mais do que certezas, os casos analisados conduzem-nos a um conjunto diversificado de hipóteses sobre o papel da Escola na promoção da cultura tecnológica, que passamos a enumerar de forma sintética.

Aprender experimentado: a experiência da construção ou observação de algo é um elemento crítico no processo de aprendizagem (Gil, 2001; Bennett, 2003). O desafio de aprender fazendo e descobrindo ajuda a desenvolver competências e atitudes. De acordo com a visão construtivista, as crianças, os jovens, e as pessoas em geral, aprendem fundamentalmente através da construção dos seus próprios significados a partir do que experimentam (Piaget, 1973; Pappert, 1991);

Esclarecer o processo de ensinar e a forma de aprender, combatendo a indiferença: sendo o objectivo último estimular a criatividade, formar atitudes críticas e fomentar o gosto por questionar e descobrir, a forma como se ensina tecnologia assume

um papel central²²⁴. Assim, mais importante do que a própria tecnologia, enquanto produto acabado, será a forma como se estimula o espírito crítico e interesse pela ciência e tecnologia enquanto factor de progresso social e económico das sociedades. Este estímulo à curiosidade e interesse pela ciência visa sobretudo a criação de uma cultura científica básica e generalizada da população (Gago, 1990), sendo ainda determinante para facilitar a formação de cientistas²²⁵. No fundo, pretende-se fomentar uma consciencialização crescente dos fenómenos científicos e tecnológicos como parte integrante da vida quotidiana de todos, combatendo a indiferença face às consequências – benefícios e desvantagens – da utilização da ciência e tecnologia.

Flexibilidade para saberes globais: O ensino experimental da ciência e da tecnologia é abrangente, não excluindo áreas temáticas. Os casos analisados demonstram que inclui naturalmente as ciências básicas, da biologia à matemática, assim como aplicações de engenharia, mas passa também pela filosofia e pelas artes. Acreditamos portanto que reflecte uma visão integradora e global dos saberes. Mas para além de inclusivo, o ensino experimental da ciência e tecnologia também se caracteriza por não ter soluções únicas. Desde a aquisição de competências pela integração de conhecimentos adquiridos à transformação de competências em capacidades de acção, os projectos analisados sobretudo na área do ambiente (i.e., projectos 1 a 4; Figura 6.4) são ilustrativos desta diversidade processual. Por outras palavras, projectos de natureza similar podem ser abordados de forma distinta, com resultados igualmente interessantes. No fundo, está subjacente a ideia de reunir *um professor, um grupo de alunos, um contexto, e a procura de método*.

Ciência para todos – A experimentação em ciência e tecnologia é acessível a qualquer pessoa, em qualquer lugar e tempo. Primeiro, o contexto sócio-económico da escola não deve ser razão para a exclusão de alguns, nomeadamente, em regiões para além das grandes cidades. De facto, os casos aqui apresentados são bem reveladores do envolvimento de escolas públicas e privadas em contextos bem diferentes, geograficamente dispersas. Segundo, o ensino experimental das ciências deverá estar presente ao longo de toda a vida escolar dos alunos²²⁶ e com uma evolução contínua na forma e nos conteúdos²²⁷. Naturalmente que o caso do projecto “O carro do futuro” apresentado para crianças entre os seis e os dez anos de idade poderá ter continuidade

²²⁴ Ver, por exemplo, Ferreira, 1994.

²²⁵ Ver Comissão Europeia, 2004a.

²²⁶ Como claramente discutido no contexto norte-americano em AAAS (1990a).

²²⁷ V. AAAS (1990b).

noutros níveis de ensino e vir a incluir, por exemplo, aspectos de mecânica estrutural associada ao funcionamento das rodas dos veículos. A ideia fundamental é que o ensino experimental acompanhe o percurso dos alunos, na mesma ou em diferentes áreas temáticas, numa óptica de evolução contínua no tempo e na forma, mas também no nível dos conteúdos.

6.3.4 A caminho de uma sociedade mais criativa?

As hipóteses enumeradas acima parecem-nos merecer algumas referências mais aprofundadas, seja pelo desenvolvimento de algumas das questões levantadas, seja pela inclusão de outras, de forma a perceber, nomeadamente, o papel da escola e de incentivos como o concurso *Pensar e Fazer*, na promoção da cultura científica, num contexto institucional crescentemente diversificado e complexo²²⁸.

Sabemos que as crianças e jovens têm ânsia de aprender e explorar²²⁹. Pensamos que a ciência e a tecnologia constituem um dos meios à nossa disposição para conduzir os mais jovens à procura do conhecimento e à formação de competências e capacidades que os acompanharão ao longo da vida. De facto, promover mudanças na nossa sociedade implica despertar a curiosidade humana, já que dela advêm novos saberes e naturalmente novo conhecimento com implicações humanas, sociais e económicas.

Mas, será que podemos dinamizar uma sociedade criativa²³⁰? Será possível sistematizar o contexto em que surge, minimizando eventuais riscos que possam surgir? Estas não são questões recentes. Algumas foram levantadas por Platão, para quem a capacidade criativa era exclusiva de alguns indivíduos, quando inspirados por forças divinas e num estado para além da razão (Boden, 1994b). No entanto, a noção de que as novas ideias na ciência são sempre geradas irracionalmente e de que a compreensão racional da criatividade é impossível, como defendido por Platão e discutido posteriormente, entre outros, por Karl Popper²³¹ (1959), são desde há muito contestadas.

²²⁸ Como discutido em detalhe por Conceição e Heitor (2004).

²²⁹ Ver, por exemplo, as experiências relatadas pela *The George Lucas Educational Foundation*, www.glef.org, 2002.

²³⁰ Nomeadamente no contexto referido por Florida, 2002.

²³¹ Para Popper (1959[1935]), a *inspiração* criativa é fundamentalmente irracional e, nessa medida, nada de sistemático poderá ser dito quanto ao possível aparecimento de novas ideias. Popper defende que a descoberta científica, assim como a criatividade artística, não podem ser previstas, nem se pode aspirar a tentar fazer uma reconstrução lógica do processo criativo.

Com efeito, se atendermos nomeadamente à perspectiva de Guilford (1950), verificamos que para este autor a criatividade é uma operação mental comum, possível a qualquer pessoa e extensível a todas as actividades e domínios. Deste modo, Guilford abandona não só a noção de genialidade associada ao *Ser Criativo*, como também a ideia das *Artes* enquanto único domínio de criação. Na teoria de Guilford, o conceito de criatividade apresenta todos os seres humanos como potenciais criadores educáveis, remetendo para a ideia de que a criatividade individual é passível de ser estimulada.

Todavia, como podemos operacionalizar as ideias de Guilford? Analisemos a estratégia lançada por Seymour Pappert no que respeita ao desenvolvimento da linguagem de programação *Logo*, baseada numa filosofia educacional construtivista e concebida como uma ferramenta de aprendizagem²³². Segundo Abelson (1982), “*Logo é o nome de uma filosofia de educação e de uma família de linguagens que permitem auxiliar a sua realização*”. Não sendo a *Logo* um fim em si mesmo, as suas actividades de programação estendem-se a várias áreas temáticas, incluindo Matemática, Línguas, Música, Robótica, Telecomunicações. Além disso, a *Logo* é concebida no sentido de ser acessível a principiantes, que podem ser crianças bastante jovens, mas suporta igualmente explorações complexas e projectos sofisticados para utilizadores experientes. E, nesse sentido, é modular, extensiva, interactiva e flexível.

Recorrendo aos conceitos iniciais de Piaget (1973), o conhecimento é um processo de criação das mentes dos aprendizes pela interacção com os outros e com o mundo que os rodeia. Assim, a visão construtivista suporta que os indivíduos aprendem sobretudo através da construção dos seus próprios significados a partir do que experimentam, sendo essa aprendizagem mais marcante do que qualquer outro método de obtenção de conhecimento (Bennett, 2003).

Mas como se pode, afinal, relacionar o ensino experimental das ciências com criatividade? Genericamente, aceitando a noção de criatividade como a capacidade de crianças, jovens e adultos produzirem novas ideias, conhecimentos, invenções ou

²³² A *Logo* foi criada em 1967 por Seymour Papert (numa equipa liderada por Wallace Feurzeig), matemático sul-africano que, entre 1958 e 1963, trabalhou na Universidade de Genebra com Jean Piaget (psicólogo suíço que passou décadas a estudar o processo de aprendizagem das crianças). A colaboração de Papert com Piaget, associada ao seu percurso de investigação em matemática, fê-lo interessar-se por colocar esta disciplina ao serviço da aprendizagem das crianças. Papert, que desde a década de 60 defende a utilização dos computadores como instrumentos de aprendizagem e de estímulo à criatividade das crianças, tem dedicado a sua actividade ao desenvolvimento de projectos de educação em todo o mundo, inclusivamente em localidades remotas de países em vias de desenvolvimento, participando nos mais influentes grupos de trabalho que se dedicam à inclusão das crianças no mundo digital e na sociedade do conhecimento. Para mais detalhes, cf. MIT Media Lab, 2007; <http://www.papert.org/> e <http://el.media.mit.edu/logo-foundation/logo/index.html>.

produtos artísticos, aceites por especialistas como tendo valor científico, estético, social ou técnico (Vernon, 1989), a criatividade não será uma mera categoria psicológica, estando o sistema criativo relacionado com múltiplas variáveis de natureza distinta. Por exemplo, Eysenck (1994) defende que a criatividade se concretiza pela conjugação de variáveis cognitivas (envolvendo competências técnicas, conhecimento, inteligência e talentos especiais), variáveis de personalidade (como motivação, confiança e inconformação) e variáveis de contexto (factores político-religiosos, culturais, sócio-económicos e educacionais).

Refira-se ainda que, segundo Chen e Armstrong (2002), a criatividade e a curiosidade podem conduzir à vontade de conhecer. Deste modo, se atendermos à importância da escola enquanto potencial elemento estimulador da criatividade dos alunos, será importante focar a nossa atenção nas formas de despertar o gosto pela exploração de conteúdos e pela reflexão crítica, centrando a aprendizagem na resolução de problemas e na experimentação, fomentando uma nova atitude face à ciência e ao mundo. Para além da transmissão de conhecimentos, é importante estimular a capacidade de raciocínio e trabalhar competências que permitam pensar e fazer, questionando. Como salienta Gil (2001), a melhor forma de fazer compreender a ciência é pela prática, pois permite ao sujeito conhecedor um grau de conhecimento não possível de outro modo.

É neste contexto que tem vindo a ser notado ser particularmente importante detectar mecanismos que desenvolvam um *país científico*, seja por via da formação de cientistas, seja por via da *alfabetização* científica básica e generalizada (Fourez *et al.*, 1994; Gómez Crespo *et al.*, 2001; Gago, 1990; National Research Council, 2003, 1996; Gil Pérez *et al.*, 2005; Bybee, 1997a e 1997b; Ziman, 1999, 1991, 1980; AAAS, 1990a, 1990b, 1998, 2001). E, nessa medida, a escola tem uma responsabilidade importante, já que continua a ser um elemento fundamental de educação e cultura científicas, apesar de ser notória a necessidade de co-evoluir com outras instituições e incentivos de apoio ao estímulo à curiosidade e interesse pela ciência.

No fundo, a aposta parece ser a de fomentar uma sociedade globalmente mais consciente e apta a perceber e gerir os riscos em que vivemos. Independentemente de, no futuro, as crianças e jovens de hoje virem a enveredar ou não por uma carreira científica, é importante combater atitudes de indiferença face ao que nos rodeia, reforçando o exercício da nossa cidadania conjunta (Bricheno, Johnston and Sears, 2000).

Capítulo 7

Ciência na escola. Apresentação e discussão de estudos de caso

Neste capítulo, damos conta dos principais resultados de um ano lectivo de trabalho de campo junto de professores e alunos, inicialmente previsto como menos prolongado e de carácter exploratório no âmbito do programa de doutoramento que entretanto iniciáramos sobre educação científica de crianças e jovens. Das experiências anteriores, relatadas no capítulo 6, crescera em nós a vontade de conhecer mais e melhor²³³. Mas o que nos foi dado a conhecer nesse primeiro ano de trabalho de campo revelou-se de tal forma enriquecedor, que veio a constituir um primeiro e importante conjunto de estudos de caso que suportam esta investigação.

Paralelamente ao trabalho que começáramos a desenvolver nas escolas no âmbito do doutoramento, foi-nos lançado o desafio de participar num estudo que apresentasse uma reflexão estratégica, cientificamente sustentada e facilitadora do desenvolvimento de políticas públicas de estímulo à inovação, crescimento económico e desenvolvimento sustentável, competindo-nos, em confluência com os nossos interesses de investigação, identificar actores e factores críticos no ensino da Ciência, com base na análise aprofundada das condições e condicionantes do ensino da ciência em escolas portuguesas²³⁴.

Tendo por base o sumariado acima, começamos por apresentar os principais argumentos relacionados com a importância do conhecimento e do ensino da Ciência como instrumentos de desenvolvimento económico e social. Depois, debatemos e apresentamos os principais resultados de três estudos de caso sobre educação em ciência nos ensinos básico e secundário. Terminamos com algumas considerações finais.

²³³ Daí, aliás, termos aceiteado o desafio de avançar para doutoramento. O que nos permitiu, em termos práticos, dada a obtenção de uma bolsa de investigação avançada, dedicarmo-nos mais prolongada e aprofundadamente ao estudo deste tema e, adicionalmente ao nosso gosto genuíno pela investigação e pelo conhecimento, ter (desejavelmente) algum *proveito* académico.

²³⁴ Para mais detalhes, v. Ferrão, P.; P. Conceição e R. Baptista (coords.) (2005), *Preparar Portugal para um Novo Ciclo e Fundos Estruturais 2007 – 2013. Inovação, Empreendedorismo e Desenvolvimento: O que podemos aprender da investigação para a formação e políticas públicas nas áreas da ciência, inovação e crescimento económico e desenvolvimento sustentável. Um estudo a apresentar ao Observatório do QCA III*, Lisboa, IN+/IST/UTL; Ramiro, E. (2005), “Cultura científica e ensino experimental das ciências” em Ferrão *et al.*, *op. cit.*; Horta e Ramiro (2005), “Desenvolvimento científico: vencer o atraso”, em Ferrão *et al.*, *op. cit.*.

7.1 Vencer o atraso. Desenvolvimento científico e tecnológico

Reforçar o papel de Portugal na sociedade que emerge a nível internacional exige a valorização da ciência, mas também a promoção da inovação e de uma sociedade mais criativa que fomente a procura social por novo conhecimento.

O desenvolvimento científico e tecnológico de Portugal ao longo da maior parte do século XX foi marcado por uma evolução continuamente centrada num conflito entre desenvolver um sistema intrinsecamente nacional, orientado para responder a especificidades locais, ou, em alternativa, um sistema integrado numa comunidade científica e tecnológica internacional, cada vez mais globalizada. O crescimento considerável do sistema de C&T, viabilizado pela integração europeia e promovido particularmente durante a segunda metade da década de 1990 resultou na integração de Portugal no grupo de países “de excelência” que contribuem para o *top* 1% das publicações científicas mais citadas mundialmente em 2001. Em todo o caso, a persistente escassez de recursos humanos e materiais, quando comparados em termos internacionais, e sobretudo a debilidade do quadro institucional vigente, continuam a evidenciar um atraso científico estrutural, particularmente materializado na falta de autonomia das instituições científicas e na sua conseqüente dependência do estado.

O aumento da complexidade da actividade científica ao longo do século XX foi acompanhado por um crescimento do sistema de ensino apenas a partir da década de 1970, crescimento esse a que presidiram sobretudo preocupações sociais e económicas relacionadas com o crescimento do acesso ao ensino (designadamente ao ensino superior), mas sem valorizar adequadamente a produção de nova 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. Esta fraqueza que, como foi referido, apenas começou a ser colmatada – e de forma irregular – há poucas décadas, afectou consideravelmente a capacidade de Portugal para acompanhar a evolução dos países mais desenvolvidos no sentido da dominância de um modelo de crescimento económico baseado no conhecimento e na inovação.

As novas teorias do crescimento económico (Romer, 1986, 1990; Aghion e Howit, 1998) colocam o conhecimento como força motriz de desenvolvimento. Estas teorias enfatizam o facto de que as economias modernas produzem cada vez mais bens intangíveis, o que indicia que aumentar a quantidade da força de trabalho ou o capital

não são suficientes por si mesmos para impulsionar o desenvolvimento económico. No entanto, o aumento das qualificações educacionais e profissionais da força de trabalho é necessário para corresponder ao desenvolvimento de actividades de alto valor acrescentado, o que implica implementar medidas que promovam o desenvolvimento de capital humano. Este desenvolvimento pode ser conseguido através da facilitação do acesso à Educação, com o objectivo de facultar mais e melhores capacidades às populações para a realização do seu trabalho, bem como para produzirem novo conhecimento, a partir do que adquiriram. A acumulação de conhecimento desempenha, neste novo contexto, um papel crítico para o desenvolvimento económico.

O conhecimento tem vindo a assumir uma importância crescente no desenvolvimento económico das sociedades. É reconhecido que os bens intangíveis são de importância fulcral para as economias dos países industrializados, igualando ou mesmo superando outros factores tradicionais. A importância do conhecimento não é apenas referenciada apenas a propósito de mudanças na constituição da força de trabalho nos países da OCDE (onde os sectores baseados no conhecimento têm adquirido relevância), mas também a propósito da necessidade de investir em actividades de I&D. O desenvolvimento de actividades de alto valor acrescentado requer não apenas a existência de uma mão-de-obra qualificada, mas também de um conjunto de conhecimento acumulado. Neste sentido, o investimento em I&D é entendido como crítico para as nações que esperam beneficiar dos retornos sociais da investigação em áreas específicas como a da saúde ou a educação, mas também pelo sector privado como parte do esforço para manter elevados níveis de competitividade em mercados cada vez mais globais (Horta, 2005).

7.2 Ensino experimental das ciências. Estudos de caso

Foi baseado no contexto dos trabalhos anteriormente realizados, e partindo do argumento central de que a experiência da construção ou observação de algo pode ser um elemento crítico de aprendizagem, que procurámos, sob uma temática tão complexa e vasta quanto a da educação científica e o papel do ensino experimental das ciências, identificar actores e factores críticos que potenciem esse processo, com base na análise aprofundada das condições e condicionantes desse ensino em escolas portuguesas.

Partíramos para o campo com fins exploratórios, como dissemos, mas rapidamente encontrámos motivos para desenvolver uma pesquisa mais aprofundada. Dadas as especificidades do nosso objecto de estudo, a estratégia metodológica adoptada revestiu-se eminentemente de um carácter qualitativo. Com efeito, defendemos que identificar um conjunto de actores e factores críticos do ensino experimental das ciências, e perceber qual a importância do papel do ensino experimental das ciências na promoção da cultura científica dos jovens, requer um conhecimento *para além dos números*²³⁵. O nosso método de análise baseou-se, assim, em estudos de caso em escolas portuguesas dos Ensinos Básico e Secundário. Fazendo, concretamente, o acompanhamento de um projecto de ensino experimental das ciências nas escolas em curso (*Ciência com os mais novos*²³⁶; um ano lectivo em várias escolas de um concelho da periferia de Lisboa), através de observação directa e participação em actividades de ensino experimental desenvolvidas com os alunos, da realização de entrevistas, individuais e colectivas, e de conversas informais com os intervenientes, e também da análise aprofundada de dois projectos concluídos (*Os líquenes como uma adaptação nutricional e como bioindicadores da qualidade do ar* e *Estudo ecológico do ar e da água em Lisboa e Sónia*) mas cuja análise retomámos, para conhecê-los melhor²³⁷. Apresentamos, ainda, um quarto estudo de caso, de que tivemos conhecimento por casualidade, no decorrer do ano lectivo. Trata-se de um projecto desenvolvido por um grupo de alunos do 12.º ano, no âmbito da disciplina Área de Projecto, sob o título *Gravidez na Adolescência*; não sendo um projecto de ensino experimental no sentido estrito do termo (que era, nesta fase, um dos nossos enfoques principais), pareceu-nos paradigmático do ponto de vista do ensino das ciências.

²³⁵ Não obstante a sua reconhecida importância.

²³⁶ Mas que foi um projecto que pela sua especificidade, como veremos, nos levou a muitas escolas, a falar com muitos professores, que queriam dar o seu contributo para a nossa análise. O entusiasmo de alguns professores é tanto que fazem questão de nos apresentar a outros colegas que *também fazem umas coisas muito giras com os miúdos!* Tivemos então oportunidade de realizar entrevistas a professores e ter inúmeras *conversas com um objectivo* (Burgess, 2001), reunindo um manancial de factos e observações de tremenda importância para o nosso trabalho. Nas entrevistas aos professores, procurou abordar-se os seguintes tópicos: i) Perfil do professor: percurso académico e profissional, motivação para o ensino e interesses pessoais; ii) Ensino experimental das ciências (EEC): descrição de aulas e iniciativas de EEC, reacção dos alunos, importância do EEC na aquisição/sedimentação de conhecimentos, dificuldades na implementação de actividades de EEC, balanço dos incentivos existentes (exemplo – sem o citar explicitamente na pergunta – *Programa Ciência Viva*), papel da escola e do EEC na promoção da cultura científica dos jovens e a importância de parcerias entre a Escola e outras instituições.

²³⁷ Regressámos às escolas (em Beja e Lisboa), numa perspectiva diferente: saber mais sobre os projectos em si, naturalmente (génese, desenvolvimento, conclusões), mas agora com um enfoque particular nos protagonistas e nos condicionalismos com que se depararam. Realizámos entrevistas, individuais e em grupo, tivemos conversas informais mas mais uma vez também com objectivos científicos bem definidos a professores, directores de escolas, alunos...

Os quatro estudos de caso que apresentamos de seguida representam uma ínfima parte dos que poderiam ter sido alvo de análise. Tivemos a oportunidade de falar com muitos professores que fazem, de facto, ‘*coisas muito giras com os miúdos*’ (leia-se alunos, de todos os ciclos do ensino básico e secundário). Por constrangimentos de natureza diversa²³⁸, seleccionámos quatro casos que nos parecem bons exemplos de ensino da ciência nas escolas portuguesas. E que, em nosso entender, merecem o destaque que aqui lhe damos pelo seu valor intrínseco, mas também porque podem servir de modelo e inspiração a outros professores e alunos. As considerações que depois fazemos (em 7.3 e 7.4), todavia, reflectem o conjunto dos dados recolhidos nesta fase da nossa pesquisa, num conjunto muito mais vasto de alunos, professores e outros agentes educativos²³⁹.

#1 ‘*Os líquenes como uma adaptação nutricional e como bioindicadores da qualidade do ar*’

A ideia de estudar os líquenes como bioindicadores da qualidade do ar surgiu na sequência de uma visita de estudo de professores e alunos a Sevilha, durante a qual constataram que as árvores espanholas não apresentavam quaisquer líquenes, contrariamente ao que acontecia às árvores junto à sua escola. Os líquenes fazem parte do programa da disciplina de Técnicas Laboratoriais de Biologia e no seu estudo é referido que são sensíveis à poluição do ar, especialmente ao dióxido de enxofre. Então, o professor lançou o desafio de estudarem os líquenes nas árvores à volta da escola com o objectivo de analisar a qualidade do ar que respiram. Para o professor, esta foi uma “*oportunidade de reforçar a relação com os alunos, algo fundamental na profissão, quando se quer motivar alguém a ir mais além*”²⁴⁰. É neste contexto que o professor decidiu avançar com o projecto “Os líquenes como uma adaptação nutricional e como bioindicadores da qualidade do ar”.

O projecto exigia uma primeira actividade, dentro do laboratório, que permitisse conhecer os líquenes e compreender como estes podem ser usados como bioindicadores

²³⁸ Uma vez que nenhum investigador consegue estar *em todo o lado ao mesmo tempo* ou dispersar-se numa imensidão de casos, pelo menos sem comprometimento da qualidade científica do seu trabalho. A delimitação do objecto de estudo e do universo de análise é, portanto, um processo nem sempre fácil, mas fundamental.

²³⁹ Resultado de um ano de trabalho no terreno em escolas de vários pontos do país, durante o qual nos foi possível estabelecer muitos *diálogos de cunho etnográfico* (Atkinson *et al.*, 2001, 2000; Zago *et al.*, 2003; Peirano, 1995).

²⁴⁰ Professor responsável pelo projecto.

da qualidade do ar. Nesta fase, os alunos observaram líquenes tanto à vista desarmada, como com o auxílio de lupas binoculares, ou ainda através do microscópio²⁴¹.

Na etapa seguinte – trabalho de campo –, procedeu-se à recolha sistemática de dados²⁴². Para tal, cada turma, acompanhada do professor, distribuiu-se ao longo do perímetro exterior à escola, em pequenos grupos de 5 ou 6 elementos, devidamente apetrechados de equipamentos e vestuário²⁴³ adequados. Após terem seleccionado as árvores que constituíam a amostra²⁴⁴, fizeram a observação e registo de líquenes, preenchendo uma tabela de registo de observações.

De volta ao laboratório, num terceiro momento, foi feita a análise e síntese dos dados recolhidos, com o recurso à folha de cálculo de um sistema informático, tendo o projecto sido concluído com uma reflexão conjunta dos factos apurados através da interpretação dos dados.

Este projecto foi desenvolvido na Escola Secundária Diogo Gouveia, em Beja, sob a responsabilidade do professor de Técnicas Laboratoriais de Biologia II – TLB II, com alunos de quatro turmas do 10.º ano de escolaridade durante 3 semanas (9 horas de aulas/turma).

Muitas outras actividades e projectos poderiam ser referenciados a propósito desta escola, que segundo o seu presidente do conselho executivo, *consolidou e tenta dar continuidade a uma cultura de rigor, disciplina e recusa constante e frontal do facilitismo*.

Com efeito, a Escola Secundária Diogo Gouveia é um exemplo paradigmático de uma escola dinâmica e inovadora, comprovado pelas mais diversas actividades desenvolvidas nos últimos anos, em várias áreas do saber (Ciência, Novas Tecnologias, Música, Teatro...), e, claramente, uma vocação particular para o ensino experimental das ciências. Para além de inúmeras participações e prémios nesta área²⁴⁵, destaca-se a construção de um centro de ciência, *único na sua dimensão em escolas secundárias. (...) ...a*

²⁴¹ Do material utilizado constam: lupa binocular, microscópio, lâminas e lamelas, material de dissecação (bisturi, pinça e agulha), lâmina de barbear, pincel, vidro de relógio, papel de filtro, papel de limpeza, água, solução de Ringer, óleo de imersão, xilol e líquenes de diferentes tipos morfológicos.

²⁴² Identificação e contagem de tipos morfológicos de líquenes em áreas previamente estabelecidas.

²⁴³ Os alunos vestiram batas brancas e utilizaram os seguintes equipamentos: bússola, fio de algodão, lupa, fita métrica, grelha com acetato de cem pontos (pequenos círculos), máquina fotográfica digital, caderno, lápis e borracha.

²⁴⁴ Criada a partir de conceitos estatísticos de amostragem aleatória.

²⁴⁵ Prémio de participação num concurso da Agência Espacial Europeia, participação anual no programa *Astronomia no Verão*, participação num trabalho de investigação sobre *Medicina para o século XXI* em Hannover, vencedores do concurso *À Descoberta dos Oceanos*, membro da rede europeia de *Escolas Inovadoras...*

adesão dos alunos é inequívoca. (...) [Todas estas actividades têm] um impacto positivo nas actividades lectivas, cujos resultados podemos considerar bons, facto a que não é alheio o quadro estável de docentes de que a escola dispõe (Presidente do conselho executivo da escola).



Figura 7.1 Escola Secundária Diogo Gouveia – Beja #1
Fotografia: Carlos Pombo©



Figura 7.2 Escola Secundária Diogo Gouveia – Beja #2
Fotografia: Carlos Pombo©

#2 ‘Ciência com os mais novos’

O mote estava dado por uma das professoras, mentora do projecto: *“Nas escolas do 1.º ciclo está latente o maior tesouro científico da sociedade: curiosidade e observação puras embaladas em muita vontade de aprender”*.

Numa vila, sede de concelho, nos arredores de Lisboa, numa tarde de Abril. Mais uma terça-feira em que me junto a um grupo de professoras de Físico-Química e de Biologia da EB 2,3 – que abdicam do seu tempo livre para ir fazer experiências científicas com alunos de escolas do 1.º ciclo do Ensino Básico do concelho. Numa pequena aldeia, aguardam-nos duas professoras e um grupo de cerca de vinte alunos entusiastas. Na *bagagem* levamos várias experiências para realizar com os miúdos, das quais apresentamos aqui três exemplos: ‘O Vulcão’, ‘As Células’ e ‘A Banheira de Espuma’ (Figuras 7.3, 7.4 e 7.5, respectivamente).

As professoras promotoras destas experiências fazem questão de nos assegurar (sem que o perguntemos) que *estas experiências simples são preparadas atendendo aos currículos das crianças do 1.º ciclo, estando portanto adaptadas às suas idades, e constituem sempre motivo de alegria e fascínio junto das crianças que as observam e que nelas participam*.

De acordo com uma das professoras do 1.º Ciclo do Ensino Básico²⁴⁶, *estas coisas são muito giras para os miúdos, e muito importantes também, porque depois aprendem a matéria muito mais facilmente, porque já observaram, já fizeram... (...) Este tipo de agrupamentos – verticais – é muito bom, porque existe troca de experiências entre os vários níveis de ensino*.

E depois, e sempre, há as crianças, com a sua capacidade de nos surpreender constantemente, como o menino de seis anos que sabe ‘tudo’ sobre vulcões, e que fala sobre vulcões recorrendo aos termos científicos correctos, porque *a minha irmã, mais velha, fez um projecto sobre vulcões para a escola dela, e eu vi-a fazer*.

²⁴⁶ São duas, uma da escola básica e a sua irmã, que ela convidou a trazer os alunos para assistir, porque no concelho dela – vizinho a este –, *não há nada disto*.

O Vulcão

Esta experiência simula uma erupção vulcânica num vulcão activo, usando como modelo um aparelho vulcânico tridimensional elaborado por alunos. Através da utilização de uma substância química – Dicromato de Amónio – verifica-se a libertação de material piroclástico. Esta experiência simples proporciona um espectáculo de cor e luz, semelhante ao efeito de um vulcão natural, causando um efeito de espanto e fascínio nas crianças que a ela assistem.



Figura 7.3 ‘O Vulcão’ – simulação de erupção vulcânica
Fotografia: Eugénia Ramiro©

As células

Esta experiência consiste na observação de células de tecidos humanos ao microscópio, permitindo às crianças a visualização das unidades básicas constituintes de todos os seres vivos: as células invisíveis a olho nu. Deste modo, são confrontadas com o facto de serem constituídas por minúsculas unidades, que se conjugam formando tecidos, órgãos e sistemas de órgãos.



Figura 7.4 ‘As células’ – observação microscópica
Fotografia: Eugénia Ramiro©

Banheira de espuma

‘O que é que respiramos?’ [...] ‘Muito bem, oxigénio! Então vamos ver oxigénio?’

Através de uma experiência muito simples, pretende-se que os mais pequenos consigam ver oxigénio.

A água oxigenada mistura-se detergente e um pouco de corante*. Ao adicionarmos, por fim, Iodeto de Potássio, este funciona como catalisador e, em conjunto com detergente, faz espuma, sendo possível ver o oxigénio a libertar-se.

* – para dar cor, tornando a experiência mais visível e apelativa



Figura 7.5 ‘A Banheira de Espuma’ – Vamos ver oxigénio?
Fotografia: Eugénia Ramiro©

Convém todavia frisar que todo o projecto se baseia na iniciativa de um grupo de professores que, de forma desinteressada, investe parte do seu tempo livre a desenvolvê-lo. Para além disso, é possível em muitas situações devido a uma rede mais ou menos informal de conhecimentos, contando com o contributo de amigos e familiares de professores e alunos.

«Pois, a professora Cristina tem o filho dela a estudar aqui e perguntou-me se eu queria que viessem cá fazer umas experiências com os miúdos. Eu achei óptimo. Somos amigas de infância, e desde que íamos de camioneta para Lisboa para estudar que dizíamos ‘mais tarde, vamos trocar experiências!’ (...) Então lembrei-me que era giro a minha irmã, que também é professora do 1.º ciclo, mas numa escola de um concelho limítrofe, também trazer os alunos dela para assistir. E ela, com a ajuda de algumas mães, transportaram os miúdos de carro até aqui.» (Professora do 1.º Ciclo do Ensino Básico onde decorreu a acção dessa semana).

«Eu comecei a desenvolver o projecto há uns anos, numa escola onde a minha mãe é professora. (...) Tem de ser à base de amizades, porque ao nível de protocolos é muito difícil. Eu vi isso... porque consegui trabalhar naquela escola porque havia muita gente ali dentro que já me conhecia desde pequenina... (...) Os agrupamentos deram-me muito jeito, porque dantes para ir a uma escola eu tinha de ter a autorização de todos os pais dos alunos; agora como pertença ao agrupamento – do 1.º ao 9.º ano – posso ir a todas as escolas do agrupamento, basta ter a autorização da directora do agrupamento, e ela já autorizou. (...) Eu não quero que me paguem nada! Só que, por exemplo, me dêem menos uma turma, para que eu possa fazer isto. (...) Já comecei este projecto cinco vezes, porque fiquei em cinco escolas diferentes, e um ano só não chega para deixar o projecto a funcionar autonomamente, no primeiro ano é para conhecer as pessoas e estabelecer amizades, no segundo ano é para motivá-las, e depois são precisos mais dois ou três anos para o projecto ficar a funcionar autonomamente.» (Professora Vanda, mentora do projecto e professora de Físico-Química, nesta altura no 2º e 3º ciclos, do ensino básico, mas que também já leccionou no ensino secundário²⁴⁷).

²⁴⁷ Segundo a própria, lecciona «os anos [lectivos] que me atribuem e onde me colocam. Já cheguei a dar aulas em Aveiras de cima, e ir e vir todos os dias [morando nos arredores da capital]».

Numa coincidência feliz (mais uma!), viríamos a reencontrar a professora Cristina, por acaso, na escola secundária onde desenvolvemos os estudos de casos apresentados no capítulo 8, num encontro do agrupamento de escolas do concelho. Agora na qualidade de coordenadora do projecto, o qual entretanto assumira contornos institucionais mais formais. A professora Cristina (que faz parte dos quadros da escola EB 2,3 há alguns anos, e inicialmente *apenas* uma das professoras *contagiadas* pela mentora do projecto voluntário e *mais ou menos informal* – a professora Vanda –, para todas as terças à tarde ir com mais duas ou três professoras ‘*mostrar ciência aos meninos do 1.º ciclo*’ das escolas do concelho), após a saída da colega (que não sendo dos quadros da escola, e vendo rejeitado o pedido ao ministério da tutela para aí ficar mais um ano para ter tempo de *autonomizar* o projecto, foi colocada numa escola fora do concelho; mas que, sabemos, vai “teimosamente” replicando a iniciativa por onde passa!) apresentou novamente o projecto ao ministério, tendo-lhe sido concedidas duas horas semanais para a ele se dedicar. Não coubemos em nós de contentes (não podemos e não queremos escondê-lo!, porque esta investigação é também, e muito, resultado de profundo carinho pela *arte de ensinar e pelo prazer de aprender ciência*) ao saber que de uma iniciativa tão *simples* de *uma* professora mas tão valiosa para *tantos* alunos que dela usufruem (e continuam a usufruir, agora sem a sua ajuda), estivesse a ter este reconhecimento e suporte institucionais.

#3 ‘*Estudo ecológico do ar e da água em Lisboa e Sófia*’

O projecto intitulado “Estudo ecológico do ar e da água em Lisboa e Sófia” consistiu na investigação da qualidade do ar e da água nas zonas envolventes das escolas participantes, com a finalidade de promover a compreensão dos alunos relativamente à qualidade do ambiente. Com este projecto, visava-se igualmente a promoção do intercâmbio cultural e o desenvolvimento de conhecimentos linguísticos²⁴⁸ que permitissem aos alunos comunicar através da internet. A troca de conhecimentos envolvidos nos currículos escolares do ensino secundário nos dois países parceiros era igualmente uma das metas pretendidas.

Mas o objectivo central do projecto era reforçar o ensino experimental de Física e Química utilizando um conjunto variado de sensores e meios informáticos. Especificamente, pretendia-se examinar a cartografia e determinar as fontes de água da

²⁴⁸ Recorrendo-se ao Inglês como língua de comunicação.

região, identificar indústrias poluentes que fossem fonte de contaminação da água e do ar, realizar práticas laboratoriais fora e dentro da escola, para determinação de índices qualitativos e quantitativos dos parâmetros da água e do ar²⁴⁹, e efectuar visitas de estudo a uma estação de tratamento de águas residuais, a uma estação de resíduos sólidos e a um núcleo museológico.

Para atingir estes objectivos, o projecto envolveu intercâmbio de resultados experimentais via correio electrónico, fax e correio, a visita de alunos portugueses à Bulgária, acompanhados do professor e da auxiliar de laboratório (durante a qual os intervenientes visitaram a escola parceira e museus, entidades e instituições para o estudo da água e do ar) e a visita a Portugal de alunos e professores da escola búlgara.

O trabalho incluiu o desenvolvimento de capacidades de experimentação, análise, tratamento e transmissão de dados num contexto real de monitorização da qualidade da água na região onde a escola se insere (Rio Tejo), mas também da experimentação de contactos técnicos a nível internacional e, naturalmente da abertura a novas culturas. Teve igualmente repercussões a nível do desenvolvimento de novas formas de ensinar e permitiu dar continuidade aos esforços de abertura e divulgação da Escola junto de outras instituições da região²⁵⁰.

A divulgação dos resultados obtidos incluiu a publicação de um Livro Branco (preenchido pelas duas escolas participantes e pelas entidades parceiras e associadas²⁵¹), bem como de relatórios realizados pelos alunos referentes às actividades experimentais e que se integram nos currículos escolares²⁵². Realizou-se também uma exposição de desenhos, fotografias, cartazes e um portefólio temático bilingue. A divulgação do projecto foi feita pelos alunos na sua escola e noutras escolas que visitaram no decurso do trabalho, numa das entidades parceiras²⁵³, e ainda através da internet.

Segundo as professoras responsáveis, *é flagrante o desenvolvimento de uma consciência ambiental por parte dos alunos envolvidos no projecto, como se pode testemunhar nos trabalhos finais apresentados na compilação do Livro Branco. [...] ...os alunos búlgaros ficaram muito entusiasmados com a separação ecológica dos lixos domésticos – que ainda não*

²⁴⁹ As actividades experimentais foram realizadas com equipamento científico adquirido ao abrigo do Programa Ciência Viva, nomeadamente sensores, interfaces e computadores, assim como *kits* para a análise da qualidade das águas.

²⁵⁰ Para além das duas escolas envolvidas, o projecto contou igualmente com a colaboração de diversas entidades (escolas, universidades, juntas de freguesia, entre outras).

²⁵¹ GEOTA e Parque Expo

²⁵² Disponíveis na Escola Secundária Professor Herculano de Carvalho, no Gabinete do Grupo 4ºA.

²⁵³ Parque Expo, Lisboa.

é conhecida nem realizada na Bulgária –, assim como com as estratégias de Reduzir, Reutilizar, Reciclar.

De facto, a possibilidade de estudar um problema concreto – a qualidade do ar e da água nas zonas envolventes das escolas participantes – associado à novidade que consistia para os alunos o intercâmbio com uma escola de outro país, constituiu um estímulo e motivação acrescidos, com repercussões na qualidade final do trabalho.

Apesar dos obstáculos relacionados com o domínio dos equipamentos de pesquisa ou com barreiras de linguagem, ao longo do tempo foi possível avançar para uma utilização crítica das tecnologias devido a uma aprendizagem focada na resolução de problemas e na experimentação. A título de exemplo, refira-se o trabalho desenvolvido pelos alunos portugueses na Bulgária, que confrontados com metodologias de trabalho desenvolvidas por colegas de um nível de escolaridade mais avançado e com recurso a equipamentos diversos, demonstraram capacidade de adaptação e de resolução de problemas surgidos num contexto diferente do da sua escola e do seu país.

Este projecto envolveu a Escola Secundária Professor Herculano de Carvalho (Lisboa) e Escola Profissional de Produção Química e Biotecnologias Professor Dr. Assen Zlatarov (Sófia), tendo como professores responsáveis, em Lisboa, Ana Cristina Fonseca e Maria Cláudia Veloso, e, em Sófia, Sónia Sirakova. Tratou-se de um projecto desenvolvido no âmbito das disciplinas de Física e Química, por alunos de 10.º ano (Lisboa) e 11.º ano em Sófia, e contou com o apoio do Projecto Sócrates Comenius e do Programa Ciência Viva.



Figura 7.6 Escola Secundária Professor Herculano de Carvalho, Lisboa.
'Estudo ecológico do ar e da água em Lisboa e Sónia' #1

Fotografia de Carlos Pombo©



Figura 7.7 Escola Secundária Professor Herculano de Carvalho, Lisboa.
'Estudo ecológico do ar e da água em Lisboa e Sónia' #2

Fotografia de Carlos Pombo©

#4 'A Gravidez na Adolescência'

Trata-se de um projecto que foi desenvolvido por um grupo de alunos do 12.º ano de escolaridade de uma escola da área metropolitana de Lisboa, no âmbito da disciplina *Área de Projecto*. Dele tivemos conhecimento de forma fortuita, quando num almoço com uma professora cujo trabalho estamos a acompanhar²⁵⁴, está presente uma colega e amiga (professora Lília) que a veio visitar. Já trabalharam juntas mas agora leccionam em concelhos diferentes. A professora Lília acaba por nos relatar a sua própria experiência como professora e convida-nos a visitar a sua escola, até porque *tem uns alunos a desenvolver um projecto muito interessante, mas ainda assim um entre muitos outros que se multiplicam por todo o país*, assegura-me.

Um grupo de cinco alunos – quatro raparigas e um rapaz –, sob a orientação da professora Lília mas com um elevado grau de autonomia, desenvolvem um projecto que os ocupa durante todo o ano lectivo. No início das aulas, em conversa com a professora, que também lhes lecciona a disciplina de Biologia, discutem-se vários temas possíveis, e os alunos, baseados nos seus interesses de investigação, optam por se decidir sobre o desenvolvimento de um projecto que tratasse um problema da juventude: a gravidez na adolescência.

Como resultados finais temos um relatório detalhado sobre o tema abarcando múltiplas perspectivas do problema (nomeadamente reprodução humana – que consta do programa de Biologia –, saúde materno-infantil e reinserção social e escolar das jovens mães), a criação de um blogue e um encontro aberto ao público sobre o tema.

Foi dos alunos a ideia, a criação e a manutenção do bloque sobre a gravidez na adolescência. Assim como deles partiu a ideia de realizar um encontro sobre o tema aberto à comunidade. Tendo sido eles quem encetaram os contactos com vista às parcerias necessárias (em termos logísticos e convite de peritos) para levar o encontro a bom porto, e quem decidiu e deu forma aos conteúdos a tratar. O encontro contou com o apoio do município local, com a colaboração da corporação de bombeiros que cedeu o espaço para a sua realização, e com a presença de centenas de alunos da escola, pais, professores e população em geral. Do programa do encontro constou uma apresentação dos principais resultados alcançados na pesquisa, assim como um debate que contou com a presença de vários especialistas, entre os quais profissionais de saúde dos centros

²⁵⁴ Professora Tânia, do projecto '*Ciência com os Mais Novos*'.

de saúde locais e da Maternidade Alfredo da Costa, psicólogos, assistentes sociais e sociólogos.

Da primeira vez que vamos à escola, a professora Lília vem receber-nos ao portão e procura uma sala livre para que possamos falar, estando já o grupo dos cinco alunos à porta do pavilhão à nossa espera também. Entramos numa sala de aulas livre e os alunos sentam-se numa mesa ao fundo a preparar materiais para nos mostrar enquanto aguardam que falemos com a professora. Segundo esta, «*este trabalho supera todas as expectativas – e as minhas são elevadas!* [rindo-se, faz questão de falar mais alto nesta fase, para tornar a conversa audível para os alunos] *Eu sou uma professora muito exigente! Mas eles gostam de mim assim... Não gostam?* [risos. Os alunos, sentados ao fundo da sala, anuem, entre risos] *Não é possível realizá-los em Biologia, porque eu tenho um programa a cumprir, e isto requer muito trabalho... Sobretudo deles! É quase tudo feito por eles! Mas compensa depois ver estes resultados.* [Confidencia-nos, visivelmente orgulhosa e emocionada] *Acho que lhes vou dar vinte [valores]! Tenho de os compensar pelo esforço, porque isto dá muito trabalho e rouba-lhes muito tempo, e eles este ano têm exames [nacionais], têm projectos [académicos e de vida] para o futuro que dependem desses exames...E o projecto [Gravidez na Adolescência] é excelente! E é muito importante, porque os ajuda também na compreensão das outras disciplinas, nomeadamente em Biologia, que eu também lhes dou! Eles fazem a ponte entre as duas coisas!»* Professora Lília, docente de Área de projecto e de Biologia.

Os alunos, com os quais tivemos a oportunidade de falar algumas vezes²⁵⁵, nomeadamente no encontro – para o qual simpaticamente nos convidaram –, confessam-nos nesta primeira conversa informal que:

«Isto dá muito trabalho! Temos de estudar muito, falar com muita gente, pesquisar muito... mas é uma experiência fantástica, que nunca esqueceremos [todos acenam em concordância] Aprendemos muito! Agora até sabemos como organizar um encontro! Veja o nosso blogue! Criámos uma página do projecto na internet. [Lá] mostramos como prevenir... Falamos do que aprendemos nas aulas [de Biologia²⁵⁶] da setora²⁵⁷, dizemos com quem falar... (...) Não é fácil voltar à escola depois de ter um bebé, sabe? Olha a Cláudia... [falamos de uma colega] Nós temos uma colega aqui na escola que no

²⁵⁵ Lamentavelmente, não desde o início do projecto, porque apenas tivemos conhecimento do mesmo quase no final do segundo período lectivo.

²⁵⁶ O programa do 12.º ano de escolaridade aborda o tema da reprodução humana. Ver, a título ilustrativo, figuras 7.8 a 7.13.

²⁵⁷ Que entretanto fizera questão de nos deixar para esta ‘conversa a seis’, por cortesia, «para que fiquem mais à vontade».

ano passado ficou grávida. E escondeu a gravidez dos pais, de toda a gente, ninguém sabia... Vestia umas roupas largas, apertava-se e assim... Depois, quando estava para aí de seis meses, a mãe descobriu e... Pronto, foi ao médico... Depois teve o bebé e... Há quem leve na boa. Mas há sempre quem mande umas bocas... E há muitas que desistem, porque não têm com quem deixar o bebé para vir às aulas... (...) Mas ela não desistiu da escola. Eles [jovem grávida e o pai do bebé, também colega da escola] acabaram mas acho que ele vai ver o miúdo... Sim, ele vai ver o miúdo! Mas acabaram... Já não andam... Ela está na mesma com os pais – eles ficaram super chateados, mas ela já estava de seis meses... E, pronto, ficou com o bebé, claro. Até já o trouxe cá. É muito giro! Se visse as auxiliares e as professoras todas a babar... Ela até é uma miúda... mas... são coisas que acontecem. Ela está bem... Quer dizer... a vida dela mudou muito, não é? Já não vai [sair] connosco como ia... Tem de cuidar do bebé... Mas nem todas ficam [bem], não é?... E o que nós queremos com isto [projecto] é que estas coisas não aconteçam (...) E há pais que não reagem tão bem, não é? Há muitas que têm de desistir da escola. Mas seja como for não deve ser fácil estudar e cuidar de um bebé. Ela diz que a mãe a ajuda muito, que arranjou uma pessoa para cuidar do bebé quando ela vem às aulas, mas que durante a noite ela é que tem de se levantar, porque a mãe lhe diz que ela é que a mãe do bebé. E que depois quer estudar e tem sono... Mas que todos adoram o Pedro [nome do bebé] lá em casa. E ela gosta muito do filho! (...) E ela até é boa aluna... Mas agora é mais difícil. Não é o fim do mundo, mas é uma situação difícil. Nós dizemos com quem podem falar sobre sexualidade – no nosso centro de saúde há uma pessoa que recebe os jovens para falarem do que quiserem sobre... sexo. Não é preciso marcar, é só aparecer. E ela não conta a ninguém quem lá vai. Dá preservativos e tudo! Fala de doenças que se podem apanhar, dos riscos de engravidar, de ser mãe muito nova... Não sabíamos que havia isto! Nós falamos disso tudo na página. Queremos que todos saibam! [o André, o único elemento masculino do grupo, faz questão de salientar que] é muito duro sobretudo para a rapariga, claro, mas para o rapaz também não é fácil, porque não deixa de se sentir responsável. Às vezes até se gosta da rapariga, nem foi só sexo, mas depois de acontecer o que é que se vai fazer? Não se vai casar com esta idade, certo?... É mesmo importante que se saiba prevenir... (...) Muitos colegas – sobretudo os mais novos – têm-nos dito que este trabalho os tem ajudado, e isso deixa-nos muito felizes! Porque muitos deles não sabem nada destas coisas, e depois... Muitos pensam que não se engravida na primeira vez. Ou se se fizer naquela posição ou assim... Acredita?...» Leonor, André, Ana, Catarina e Carolina (17 anos)

Deste projecto, destacamos ainda, tal como discutido por Pereira e Pimentel (2009), a importância das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no âmbito da educação científica, e em particular o papel dos blogues²⁵⁸ em contexto escolar. Tendo o recurso à internet, nomeadamente através da criação de um blogue sobre o trabalho realizado, constituindo-se num recurso e numa estratégia que, além de potenciar o processo de aprendizagem, permitiu dar visibilidade extra-escolar ao trabalho destes alunos²⁵⁹. Naquilo que poderíamos designar por uma lógica de *levar a escola ao mundo e trazer o mundo à escola*. Porquanto é conhecido que as TIC são responsáveis pela emergência de novos espaços de acesso à informação e de construção do conhecimento (Cruz, 2008), permitindo um crescimento do fluxo do conhecimento com impactos significativos na eficiência das sociedades modernas²⁶⁰, necessariamente com reflexos também no ensino e aprendizagem escolares, permitindo extravasar fronteiras institucionais e geográficas. Sendo justamente nesta conjuntura, de uma sociedade da informação e do conhecimento que, tal como Cruz e Carvalho (2005), argumentamos que à escola compete alterar a sua concepção tradicional de ensino-aprendizagem, nomeadamente de uma área tão dinâmica quanto a do conhecimento científico, estabelecendo pontes para o futuro –, nomeadamente através da ligação a outros universos de informação e da abertura a novas possibilidades e realidades de ensino e aprendizagem, complementares e enriquecedoras do conhecimento, quer de alunos quer de professores.

Da análise deste projecto ressalta também a ideia de estarmos perante um caso igualmente paradigmático do ponto de vista do tipo de ensino da ciência, remetendo-nos para um ensino-aprendizagem com orientação ciência-tecnologia-sociedade – como apresentado e discutido na Parte I, capítulo 3. Consubstanciado em processos e métodos de ensino que motivam os alunos, lhes possibilitam o estudo aprofundado e a análise contextualizada de temas do seu interesse e próximos da sua vida quotidiana²⁶¹ (Fontes e Silva, 2004).

²⁵⁸ Um blogue é um espaço na *World Wide Web*, cuja estrutura permite, de forma simples, directa e gratuita, o registo cronológico, frequente e imediato de conteúdos à escolha do(s) seu(s) criador(es) – como opiniões, imagens ou factos. Permite, ainda, a discussão dos conteúdos pelos visitantes, num espaço de diálogo entre o(s) criado(es) do blogue e os seus visitantes, e/ou entre estes.

²⁵⁹ E, porventura, utilidade social.

²⁶⁰ Como discutido na Parte I. Para mais detalhes, ver, por exemplo: Archibugi e Lundvall, 2002; Sousa, 2000.

²⁶¹ Relembre-se que, após análise com a professora, coube aos alunos a decisão sobre o tema do projecto em que iriam trabalhar ao longo do ano lectivo, no âmbito da disciplina *Área de Projecto*.

Relacionando, desta forma, os conteúdos programáticos de algumas disciplinas, neste caso particularmente conhecimentos científicos sobre a reprodução humana – no âmbito da disciplina de Biologia –, mas inseridos num contexto alargado, que engloba também a análise das implicações pessoais e sociais da gravidez na adolescência. O que lhes possibilitou uma aprendizagem mais activa, integradora e socializadora, expressa nomeadamente na discussão pública (no blogue e no encontro) sobre os aspectos biológicos, pessoais, sociais e éticos do tema (respectivamente: prevenção de doenças sexualmente transmissíveis e gravidezes não planeadas; riscos para a saúde das jovens mães²⁶² e dos seus bebés²⁶³; aspectos psicológicos e sociológicos associados à gravidez, à IVG, aos projectos de vida após a maternidade/paternidade em idades precoces²⁶⁴), e éticos associados à IVG. Cujo resultado foi uma aprendizagem que analisou e discutiu a gravidez na adolescência num plano mais vasto, como problema pessoal e social; e em que os alunos tiveram um papel bastante activo na sua própria aprendizagem (não só de liberdade na abordagem dos conteúdos e nos métodos de estudo e trabalho mas também de flexibilidade nos horários de realização das tarefas de desenvolvimento do projecto – já que apesar de terem um horário formal para a disciplina *Área de Projecto*, tal foi

²⁶² Associados à gravidez e ao parto, ou também à Interrupção Voluntária da Gravidez (IGV).

²⁶³ Nos casos em que dessas gravidezes resulta o nascimento (dado ter de se considerar, como referido no projecto e no encontro que dele resultou, a IVG e o aborto espontâneo ambos frequentes entre jovens grávidas).

²⁶⁴ Um dos dados que os alunos fizeram questão de salientar, pelo que consideraram de «*factor surpresa*» (e que embora lateral ao nosso estudo, nos parece importante partilhar, pela pertinência sociológica e importância social do problema da gravidez/maternidade na adolescência, mas também pela relevância do grau de profundidade do projecto desenvolvido por estes alunos), é o de que as suas *conversas* com algumas colegas que engravidaram lhes permitiram perceber que muitas «*encararam a situação com naturalidade! Ou até engravidam de propósito!*», numa lógica assumida de emancipação e antecipação da vida adulta, em que os seus projectos de vida continuam a não assentar na prossecução dos estudos ou numa carreira profissional. Também do nosso próprio conhecimento pessoal desta realidade, pela proximidade geográfica a estas populações (e ainda que esta análise careça da respectiva confirmação científica), tratam-se, nestes casos, sobretudo de jovens de contextos sociais e culturais tradicionalmente marcados pela constituição de núcleos familiares em idades precoces, e que a gravidez precoce se limita a antecipar ainda mais. A gravidez tende a ser mantida e os jovens a constituir família, em alguns casos também por pressão da jovem e/ou da sua família (ainda que se mantenham no mesmo agregado familiar de origem – da rapariga ou do rapaz, por insuficiência económica que lhes permita a independência); embora nem sempre aconteça a constituição de um novo núcleo familiar, havendo casos de jovens mães e bebés que se mantêm em casa dos pais, às vezes sem qualquer apoio ou acompanhamento do pai e/ou da família paterna do bebé, e em casos mais extremos e raros sejam expulsas de casa). Em qualquer das situações, vivemos tempos em que a gravidez pode (e desejavelmente é) um projecto ponderado e intencional e, quando as jovens mães (são sobretudo elas, dada a sua proximidade afectiva e como prestadora de cuidados básicos ao bebé) abandonam a escola na sequência da gravidez/parentalidade, não deixam de se constituir como uma questão social relevante, porque em contraciclo com as expectativas sociais (e pessoais, quando resultado de um acontecimento inesperado e indesejado) em relação às jovens contemporâneas. A este propósito, ver, por exemplo: Quintana, 2009; Kohli e Nyberg, 1995.

Como se compreenderá, esta é uma matéria sobre a qual não podemos debruçar-nos neste trabalho mas que decerto constitui um interessante e importantíssimo objecto de estudo, nomeadamente, no campo da Sociologia da Família ou da Saúde; e para o qual deixamos, desde já, o desafio para que se continue a aprofundar a sua análise.

sendo negociado no sentido de nem sempre lhes ser exigido que comparecessem dado terem liberdade para desenvolver o projecto nos momentos que lhes fossem mais convenientes reunindo com a professora sempre que necessário, no horário estipulado ou fora dele (e sendo sua professora também de Biologia, estavam em contacto permanente), dependendo das suas necessidades. O que, segundo a professora, *«nunca foi confundido com facilitismo por parte dos alunos, nem menor atenção e orientação da minha parte. Fala-se muito em facilitismo no ensino! Esquecem-se que há alunos que trabalham MUITO! E muitas vezes nestes casos até trabalham mais, porque estão motivados para trabalhar! E eu sou de um grau de exigência muito elevado. Já te disse. Por isso, essa questão nem se coloca. E com estes alunos então, menos ainda! Temos, todos, responsabilidades, que gerimos da melhor forma. E que eu controlo de forma mais próxima, nos casos em que tal não é tão linear. Mas, regra geral, os alunos entendem e lidam bem com esta lógica de responsabilidade. Gostam. E como gostam do que estão a fazer, empenham-se mais! E nós, como seus professores, também os conhecemos bem e sabemos como lidar com uns e outros.»*

Este projecto revelou-se também interessante do ponto de vista do ensino e aprendizagem da ciência, na medida em que colocou ênfase na resolução de problemas, implicando, primeiramente, a definição clara do objecto de estudo e de uma estratégia de análise do mesmo. E, depois, uma situação de aprendizagem que, como definido por Costa (2005), remete para um conjunto de actividades por parte dos alunos que implicam o recurso a conhecimentos prévios ou compreensão adequada do campo de conhecimentos em que o problema se insere. O que se revelou de grande interesse e eficácia no estudo de temáticas relacionadas com a reprodução humana e na qual os alunos encontraram uma ligação estreita entre o que aprenderam nas aulas de Biologia e o que foi necessário, fora delas, para desenvolver um projecto sobre gravidez na adolescência. No caso presente, pensamos que se criaram condições para uma aprendizagem substantiva da educação sexual dos jovens – não só do grupo de trabalho, mas também de muitos colegas que acompanharam o seu trabalho e beneficiaram dos seus resultados.

O projecto demonstra ainda uma perspectiva de ensino com orientação CTS ao propor aos alunos o desenvolvimento de um projecto, em grupo – potenciando o trabalho cooperativo e situações de descoberta e comunicação (Abrantes, 1989; Perrenoud, 2001, 1995), que possibilitou um conjunto de actividades que tradicionalmente não se alcançam, ou sequer equacionam (e para as quais o carácter

prolongado do projecto, apesar de ser trabalhoso o suficiente para os envolver e requerer trabalho afincado durante todo o ano lectivo, lhes permitiu uma distribuição e gestão das tarefas ao longo do tempo). E das quais resultaram não só a possibilidade de aprofundar o estudo da reprodução humana do ponto de vista biológico, mas também de o focar sob uma perspectiva social, através da análise do problema da gravidez na adolescência – social, económica, política e eticamente contextualizado e discutido. E, também, com benefícios óbvios no seu nível de literacia científica sobre o tema (no sentido do reforço da capacidade de tomada de decisões pessoais que podem condicionar decisivamente as suas vidas futuras. A julgar pelos testemunhos recolhidos, e pelas reacções, nomeadamente de muitos dos colegas presentes no encontro²⁶⁵, acreditamos que este projecto possa ter operado diferenças não apenas na vida destes cinco estudantes mas também na de muitos outros jovens.

Salientar ainda a forma como a comunidade local aderiu e se envolveu no projecto de cinco estudantes do 12.º ano, o que viabilizou parte do alcance e do sucesso do seu trabalho. O facto de o município local ter divulgado e apoiado o encontro, a corporação de bombeiros ter cedido um espaço de eventos para a sua realização – onde qualquer cidadão pôde assistir e participar no debate, a adesão das instituições de saúde locais e de uma maternidade nacional terem ajudado ao longo do projecto, prestando depoimentos sobre a realidade do ponto de vista que o conhecem e comparecendo no encontro contribuindo para o debate alargado da temática, por exemplo, é revelador de um verdadeiro espírito de *educação científica partilhada*. É revelador de que é possível *trazer o mundo à escola e levar a escola ao mundo*.

²⁶⁵ Para o qual foram convidadas escolas de outros níveis de ensino, nomeadamente a EB 2,3 do agrupamento de escolas a que pertencem.

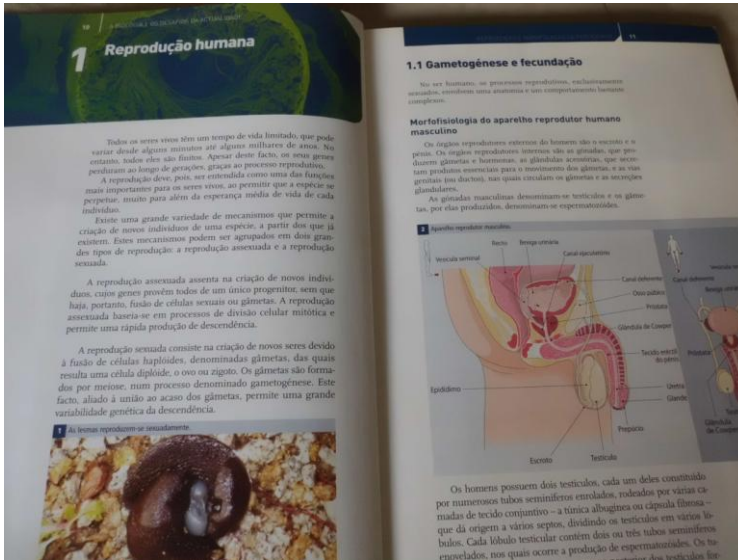


Figura 7.8 Manual de Biologia – 12.º ano Reprodução Humana. Morfofisiologia do aparelho reprodutor masculino
Fotografia: Eugénia Ramiro©

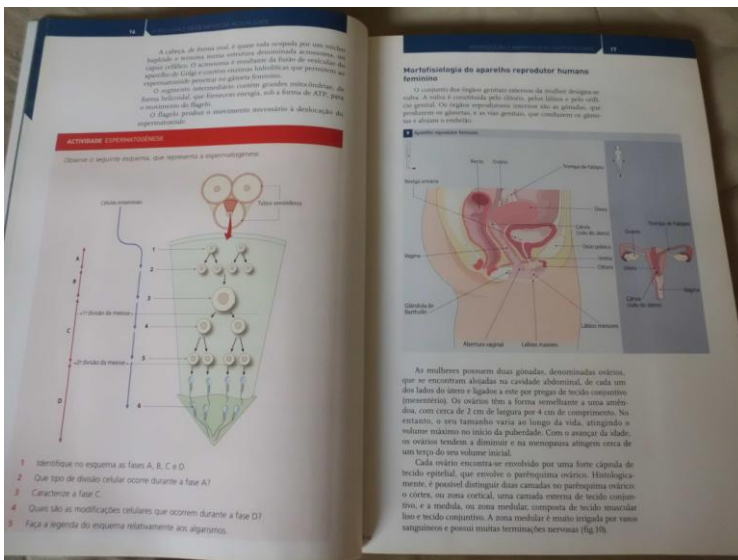


Figura 7.9 Manual de Biologia – 12.º ano Reprodução Humana. Morfofisiologia do aparelho reprodutor Feminino #1
Fotografia: Eugénia Ramiro©

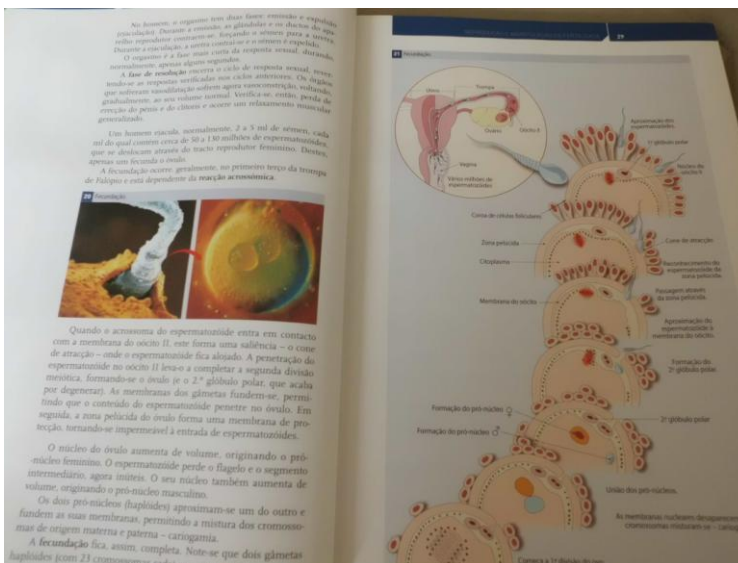


Figura 7.10 Manual de Biologia – 12.º ano Reprodução Humana. Morfofisiologia do aparelho reprodutor Feminino #2
Fotografia: Eugénia Ramiro©

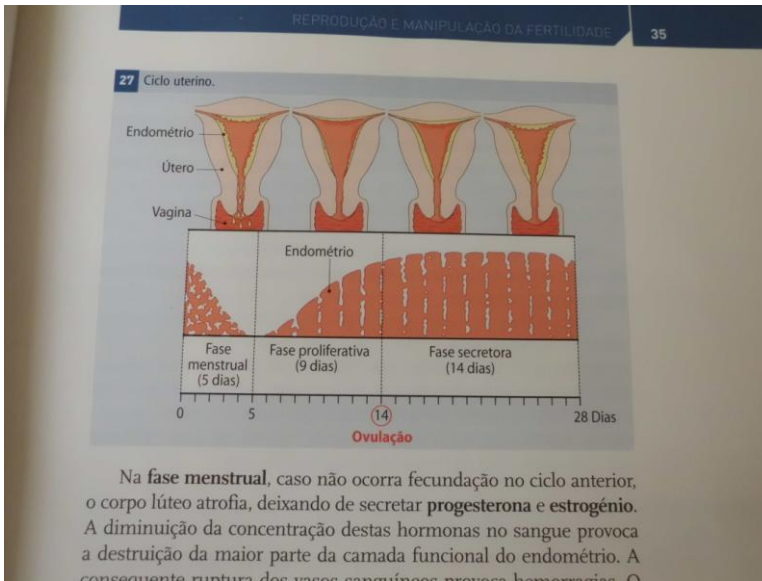


Figura 7.11 Manual de Biologia – 12.º ano Reprodução Humana. Controlo hormonal #1
Fotografia: Eugénia Ramiro©

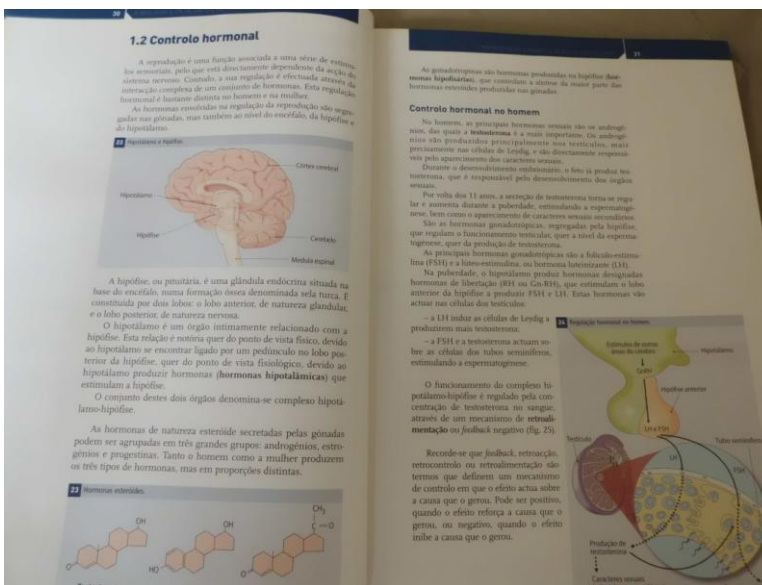


Figura 7.12 Manual de Biologia – 12.º ano Reprodução Humana. Controlo hormonal #2
Fotografia: Eugénia Ramiro©

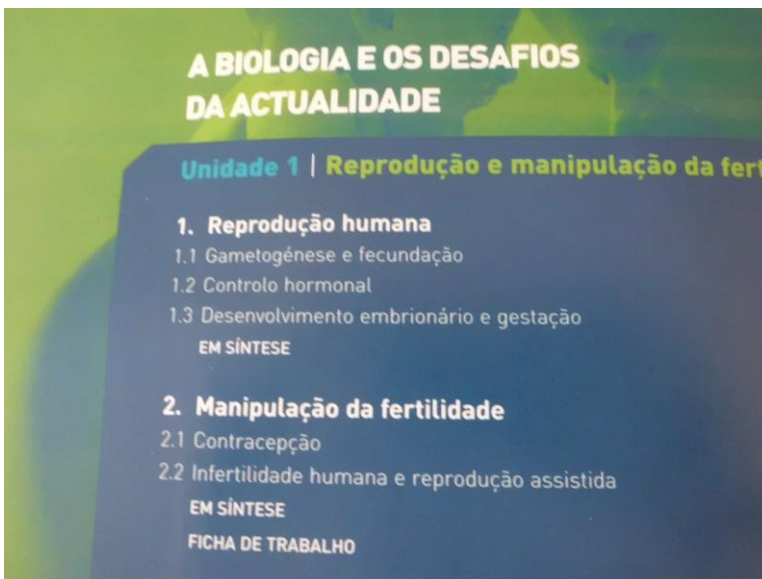


Figura 7.13 Manual de Biologia – 12.º ano Índice parcial.
Fotografia: Eugénia Ramiro©

7.3 Ensino experimental das ciências: actores e factores críticos

A investigação desenvolvida permitiu-nos, acima de tudo, compreender a não linearidade do sistema educativo também no que ao ensino experimental das ciências diz respeito. De facto, a implementação e o desenvolvimento de projectos e/ou actividades de ensino experimental das ciências nas escolas é uma realidade envolta numa complexa interligação de múltiplos actores e factores.

As observações realizadas e as informações recolhidas constituem um manancial rico de conhecimentos, através do qual procurámos identificar um conjunto de actores e factores críticos do ensino experimental das ciências em Portugal. Apesar de conscientes de que estamos longe de ter abarcado toda a complexidade do tema, pensamos ter conseguido identificar algumas das questões críticas acerca do ensino das ciências, e especificamente do ensino experimental das ciências, nas escolas portuguesas. É desses resultados que agora damos conta.

① *‘É fazendo que se aprende, é investigando que se descobre, e pondo em prática que se consolida’*

Esta frase, proferida por uma professora de Físico-Química, sintetiza eloquentemente a visão partilhada por todos os professores que temos tido o privilégio de acompanhar. Com efeito, antes de mais, o próprio ensino experimental foi considerado um elemento crítico do ensino das ciências.

«Eu não gosto de ensinar apenas de forma expositiva. Eu gosto que os alunos compreendam as coisas e não que as decorem! (...) Parto da exploração dos conteúdos que eles sabem, também para desmistificar esses conteúdos, porque os alunos têm muitos mitos inculcados, sobretudo na área da ciência. Para depois ajudá-los a desenvolver espírito crítico! E ajudá-los a aprender a PENSAR! (...) O principal papel do professor é motivar os alunos. E o ensino experimental, e não apenas em laboratório mas ir com eles para o campo – por exemplo, se estás a falar de fermentação ir com eles a uma fábrica de queijos, onde se faz a fermentação – é uma das formas de os motivar! Ajuda-os não só a solidificar conhecimentos, mas também a chegar aos conhecimentos!» (Professora de Ciências Naturais, Ciências da Terra e da Vida e de Biologia)

Genericamente, as principais vantagens apontadas ao ensino experimental das ciências são:

i) Facilitar a compreensão de conceitos abstractos e complexos

«O que é engraçado é que certas noções que são difíceis de introduzir teoricamente – como a noção de densidade –, através de experiências, eles (os alunos) conseguem rapidamente ver materiais mais e menos densos. Primeiro começa-se por aí, para depois avançarmos pelos conceitos teóricos, complexos. E é possível chegar lá a partir da experimentação» (Professora de Físico-Química);

ii) Solidificar conhecimentos

“O ensino experimental é muito importante para compreender e sedimentar matérias. Fazer! Mexer!” (Professor de Biologia)

«A anatomia do coração, por exemplo. Se eles fizerem a dissecação, compreendem muito melhor... Se virem onde é a cavidade direita e a esquerda... E eles perante uma imagem já não esquecem mais» (Professora de Ciências Naturais, Ciências da Terra e da Vida e Biologia);

iii) Promover a cultura científica

«O papel da escola na promoção da cultura científica é importante, e passa pelo ensino experimental, sobretudo para um miúdo que vá só até ao 9.º ano, porque o marca muito mais para a vida aquilo que experimentou do que aquilo que ouviu. A nossa memória visual é muito mais longa do que a nossa memória cognitiva» (Professora de Ciências Naturais, Ciências da Terra e da Vida e Biologia);

iv) Controlar problemas de indisciplina

«Os alunos reagem bem ao ensino experimental, e o que é mais engraçado é que mesmo as turmas mais problemáticas... às vezes até são as que reagem melhor, porque como é uma aula mais prática, estão mesmo a ver...» (Professora de Ciências Naturais, de Ciências da Terra e da Vida e de Biologia)

«Eu tive uma experiência muito curiosa com uma turma problemática do 9.º ano, em que no final do ano o aluno mais problemático, que até teve algumas suspensões, veio ter comigo agradecer-me eu nunca ter desistido dele e ter continuado a fazer trabalhos práticos com eles. Eles viram que eu lhes dei um voto de confiança, porque eles sentem que para fazer [ensino experimental] têm de estar ao nível de estar dentro de um

laboratório. Sim, o ensino experimental ajuda a combater problemas de indisciplina»
(Professora de Ciências Naturais, Ciências da Terra e da Vida e Biologia);

v) Cativar alunos menos participativos ou menos bem sucedidos
«É muito positivo fazerem projectos, sobretudo do estilo 'Fui à Bulgária', ou 'participei num projecto Ciência Viva'. É bom para eles, porque às vezes são miúdos que não são tão bons alunos, que têm outras vivências... e que posteriormente até conseguem melhores resultados porque alguém lhes deu atenção. Às vezes são miúdos que não chegam tão rapidamente à resolução dos problemas mas depois na parte experimental são muito habilidosos» (Professora de Físico-Química)

② A qualidade do ensino das ciências depende fortemente dos professores

O papel do professor é central no sistema de ensino. Parece não constituir grande novidade apontar os professores como um dos actores críticos do ensino, e do ensino das ciências em particular (ou ainda de forma mais notória no ensino experimental das ciências)²⁶⁶. Todavia, o que de mais importante ressalta desta investigação é, justamente, a complexidade que a *missão de professor*²⁶⁷ encerra, dado envolver um conjunto de factores críticos, que vão desde a formação (inicial e contínua) ao sistema de progressão na carreira, passando por questões como a avaliação de desempenho, autonomia, vocação ou reconhecimento social.

Analisemos, pois, o conjunto diversificado de factores críticos associados ao *professor*:

i) Formação (inicial e contínua)

A formação – inicial e contínua – foi tema recorrente nas conversas com os entrevistados. Com efeito, a formação dos professores foi apontada como um dos factores chave a um ensino eficiente das ciências, e muito em especial no que concerne ao ensino experimental das ciências. Foi defendida a importância de uma sólida formação científica, incluindo a vertente experimental, a que deverá seguir-se necessariamente uma formação contínua de qualidade, em estreita ligação com instituições de ensino superior e centros de investigação.

²⁶⁶ De acordo com *Inquérito à Cultura Científica dos Portugueses de 2000*, mais de metade dos inquiridos considera que o factor mais importante para uma aprendizagem eficiente da ciência nas escolas é 'bons professores' (62%).

²⁶⁷ Muitos dos professores que acompanhamos não se identificam com a expressão *profissão*, preferindo encarar o ensino como uma *missão* ou um *modo de vida*. "Ser professor para mim é mais do que uma profissão, é um modo de vida" (Professora de Ciências Naturais, Ciências da Terra e da Vida e Biologia).

«Gosto da ciência, gosto de ensinar ciência e gosto de fazer ciência, ainda que sem pretensões. E para se ensinar ciência é necessário saber fazê-la, e antes é necessário aprender a fazê-la, e é a formação contínua, com acompanhamento superior, pelo menos numa primeira fase, que nos pode ensinar e melhor formar. (...) Os professores dos diferentes graus de ensino deverão ser bons profissionais, por isso a sua selecção, formação de base e contínua deverá ser muito bem ponderada. (...) Um professor tem de ter vertente experimental na sua formação! (...) Mais do que pedagogia, eu preciso de saber muito bem o que vou ensinar! (...) Não basta fazer quatro ou cinco anos de um bacharelato ou licenciatura. (...) A formação contínua, que ninguém discute enquanto necessária, terá que ser muito mais eficaz. Esta formação deverá fazer-se com o auxílio das universidades e segundo o interesse do professor/escola, que ao escolher determinada área ou determinado projecto, se envolva com o acompanhamento superior necessário» (Professor de Biologia)

«Eu acho que é muito bom todo o ‘ar fresco’ que a pessoa apanha da universidade. Eu acho que há acções de formação e há acções de formação. Há acções de formação que nos levam a tentar praticar, mas há muitos sítios onde se fazem acções de formação que aquilo é só mesmo para o crédito, não tem interesse nenhum. Não se ganha nada com aquilo. Nem em termos de cultura científica nem mesmo em termos práticos. (...) Como sempre tive uma vertente experimental muito grande na minha formação, gosto de fazer, experimentar... e não tenho medo! Eu noto que muitos professores têm receio de fazer aulas práticas, não se sentem tão à vontade... Ou é porque se calhar dão mais trabalho...» (Professora de Ciências Naturais, de Ciências da Terra e da Vida e de Biologia)

ii) Vocação

A par da formação, a *vocação para se ser professor e para ensinar* foi apontada como um dos factores críticos do ensino, e factor condicionante do ensino experimental das ciências, e como um dos problemas graves do ensino em Portugal.

«Há pessoas que não estão vocacionadas para o ensino. Foram dar aulas porque não arranjam outro emprego. Há pessoas que entram assim, mas que depois ganham o gosto por ensinar, mas são excepções. (...) E essas pessoas foram absorvidas pelo sistema há uns anos atrás. (...) São pessoas que vão à escola dar aulas, entram e saem e não querem saber de mais nada. Dizem: ‘A mim só me pagam para fazer isto! Não me

pagam para fazer isso!’ Porque muito do que nós fazemos com as actividades e projectos é fora do tempo de aulas. (...) E por incrível que pareça eu até sou das pessoas que não me se considera mal paga! Eu acho engraçado pagarem-me para eu fazer uma coisa que gosto! (risos) Eu tenho medo de estagnar e ficar como outros professores que conheço e luto para que isso nunca me aconteça! Estou sempre a pensar em coisas novas para fazer com os miúdos!» (Professora de Físico-Química)

«Eu acho que o ensino tem um problema grave, de raiz, a que vai ser difícil dar a volta, que é o de termos uma série de professores que não estão abertos a mudanças, e esses professores ainda vão estar muitos anos a dar aulas. (...) Eu não digo gratuitamente mal dos professores, porque apesar de tudo eu acho que o grande problema é ao nível da própria sociedade, nós começámos a desacreditar os nossos mestres, os nossos professores. Só aquela frase que comumente sai da boca das pessoas diz tudo: ‘quem não sabe ensina’. Isto é, quem não tem mais sítio nenhum para ir vai dar aulas. E foi assim durante muito tempo. E isso é um problema grave. É que a maioria dos professores que estão aí instituídos nas escolas... efectivos, não estão por vocação! Estão porque foram para áreas que não tinham saída profissional, porque eram mais fáceis, tiveram médias baixas... O Estado tinha a ‘porta aberta’ e eles entraram. (...) Eu esforço-me imenso por fazer coisas giras com os meus alunos – faço coisas em PowerPoint, arranjo artigos, coisas... (...) E então fui proibida por colegas de fazer certas coisas, porque os alunos depois queriam que eles também fizessem, e diziam-me: ‘Tens de parar com isso porque eu não dou tempo fora das aulas. ‘A mim ninguém me paga para isso!’’, dizem-me muitas vezes. E a pessoa sente-se hostilizada e abafada num ambiente assim. Ser professor, para mim, é mais do que uma profissão, é um modo de vida» (Professora de Ciências Naturais, de Ciências da Terra e da Vida e de Biologia)

iii) Avaliação de desempenho

A avaliação é um tema que muitos dos professores entrevistados referem a propósito da qualidade do ensino. A ideia defendida é a de que o professor do ensino não universitário também é ou devia ser um cientista. E, nesse sentido, não só em termos de formação, mas também de avaliação de desempenho, devia ter de desenvolver actividades científicas, preferencialmente em centros de investigação e universidades. E devia, igualmente, à semelhança dos professores do ensino universitário, ter o seu tempo repartido entre ensino e investigação.

«Os professores do ensino básico e secundário deveriam ter a seu cargo ou acompanhar o desenvolvimento de projectos científicos dos quais teriam que prestar contas aquando da realização da sua avaliação para a progressão na carreira. Necessariamente a ligação das escolas e professores às universidades terá que ser muito mais profunda. Há trabalhos muito meritórios, mesmo não sendo demasiado ambiciosos, que podem eventualmente ser desenvolvidos nas escolas não superiores, mas outros que por dependerem de espaços, equipamentos e saberes das universidades seriam desenvolvidos nestas, pelos professores sozinhos ou porque não integrando, e assim acompanhando, equipas de investigadores nos seus projectos?, mas todos deveriam estar mais directamente envolvidos naquilo que ensinam» (Professor de Biologia)

«Eu fazia investigação na Universidade de Coimbra [antes de ser professora]. Porque eu gostava de investigação. Aliás, eu continuo a gostar de investigação! Gostava de conseguir conciliar as duas coisas, mas não é fácil...» (Professora de Ciências Naturais, de Ciências da Terra e da Vida e de Biologia)

«Eu acho que devia haver centros, nas universidades, onde estivessem professores do ensino secundário. Porque as pessoas assim sentiam-se apoiadas. E eram avaliadas, porque nós não somos avaliados! No final do ano, faz-se um relatório, que é igual para toda a escola, e todos têm 'satisfaz'. Se quiseses ter 'bom' tens de fazer um requerimento, só para teres uma ideia...» (Professora de Físico-Química)

iv) Sistema de incentivos

Os professores que desenvolvem projectos e actividades de ensino experimental com os seus alunos são unânimes em afirmar que não usufruem de qualquer tipo de incentivo – progressão na carreira (subida de escalão, estabilidade ao nível das colocações...), redução da carga horária para desenvolver projectos, autonomia, apoio financeiro, etc. A motivação para continuar está, pois, ligada ao facto de acreditarem e defenderem que o ensino experimental das ciências *leva os alunos mais além*. E, nesse sentido, vivem com alguma frustração essa situação, embora não se deixem esmorecer, sobretudo devido entusiasmo com que quase todos os alunos vivem uma e todas as experiências realizadas.

«Há a questão dos cargos... Aquilo que é valorizado em termos hierárquicos é cumprir um programa, que é absolutamente teórico. Agora a forma como os alunos aprenderam isso não interessa! A mim ninguém me vem perguntar se eu fiz dissecação, se eu fiz esta

experiência ou não, ou porque é que eu ando sempre carregada com sacos [de material para as experiências]. A mim ninguém me pergunta isso! Perguntam-me é 'Onde é que tu vais no programa?'» (Professora de Ciências Naturais, Ciências da Terra e da Vida e Biologia)

«Há um pouco a tendência para as pessoas se irem acomodando, e isso é uma coisa má que existe no nosso sistema. E sentem-se acomodadas porque a pessoa quando às vezes quer fazer mais e quer ser diferente não sente recompensas. Eu não me sinto minimamente recompensada, quer em termos financeiros quer... Por exemplo, eu tenho toneladas de acetatos, eu não tenho qualquer tipo de apoio financeiro. Nem me preocupo minimamente com isso, porque estou a investir naquilo que eu acho... Já comprei várias coisas a pensar 'isto é giro para apresentar nas aulas'. (...) Se tu vens, és nova, vens cheia de força e ideias... Ainda levas é na cabeça. É um mundo um pouco estranho» (Professora de Ciências Naturais, de Ciências da Terra e da Vida e de Biologia)

«Os professores que não façam vertente experimental não deveriam... Todos os professores deviam ter de desenvolver experiências. E ter uma certa autonomia para as desenvolver. (...) ...que depois seria alvo de avaliação, naturalmente, pois sou a favor da avaliação de professores e escolas. (...) Os horários dos professores do ensino não universitário, à semelhança dos do universitário, deveriam integrar as horas dedicadas à investigação, que funcionaria em parte como formação contínua, e que lhes permitiria desenvolver os seus projectos» (Professor de Biologia)

«Eu não quero que me paguem, só quero que, por exemplo, me dêem menos uma turma, para eu poder desenvolver o projecto. (...) Já comecei este projecto cinco vezes, porque todos os anos fico em escolas diferentes...» (Professora de Físico-Química)

«O ensino é também investigação! Então por que é que não dinheiro para investigação no ensino? Por que é que eu quero fazer estas coisas todas e ninguém me ajuda a fazer nada?! Eu não estou a pedir dinheiro para mim – para me vestir e para andar aí com uma limusine!... Só peço que me permitam e que dêem condições para que eu as faça! Não peço mais nada. E, portanto, às tantas, é um bocado frustrante. (...) Devia apostar-se mais na formação dos professores, e não apenas por uma questão de subida de escalão. Devia pensar-se também sobre o acesso de alunos com notas tão baixas aos cursos superiores para via de ensino. É necessário distinguir, reconhecer e recompensar professores mais dedicados de outros menos dedicados, dando-lhes incentivos – monetários, promocionais, ou outros. Há que dar mais autonomia ao professor para

escolher métodos e currículos adaptados aos seus alunos. E também repor o número de horas nas disciplinas que exigem e possibilitam o recurso a práticas experimentais!»
(Professora de Ciências Naturais, da Ciência da Terra e da Vida e de Biologia)

v) Reconhecimento social

São inquestionáveis o papel da ciência na sociedade do conhecimento, a necessidade de ter populações cientificamente cultas e a importância da escola como baluarte de promoção dessa mesma cultura. Nesse sentido, é fundamental que o professor, enquanto actor crítico do ensino e aprendizagem efectivos da ciência por parte dos alunos, seja socialmente reconhecido. No fundo, há que valorizar a profissão de professor, assumindo que, como em todas as profissões, há *bons e menos bons*, mas reconhecendo e distinguindo os muitos professores que fazem um excelente trabalho, e também dar a conhecer essas *boas práticas*, não só como estímulo a que continuem mas também para que sirvam de inspiração a outros.

③ *O ensino das ciências e as políticas de educação*

Outro dos factores críticos que, segundo os professores entrevistados, tem condicionado o ensino da ciência em Portugal prende-se com a adopção de políticas educativas inoperantes, e mesmo contraproducentes ao ensino experimental das ciências, nomeadamente algumas reestruturações adoptadas num passado recente e os programas curriculares. A redução da carga horária em disciplinas de ciências, a extinção das *Técnicas Laboratoriais* e a extensão dos currículos são apontadas como entraves sérios ao ensino experimental das ciências nas escolas portuguesas.

«É que acabou-se com o ensino experimental! O facto de eles [Ministério da Educação] terem limitado as ciências a noventa minutos semanais é terminar com as actividades experimentais, porque não diminuíram o currículo que tinhas para dar. (...) Eu tinha quarenta e cinco minutos quatro vezes por semana... São matérias abstractas, de difícil assimilação. Com noventa minutos por semana como é que eu faço? Não tenho tempo para fazer tantas aulas experimentais. É um esforço muito grande, acredita! Deviam repor o número de horas lectivas nas disciplinas que exigem e possibilitam o recurso a práticas experimentais. (...) Eu pessoalmente acho que a parte prática é uma das componentes de desenvolvimento científico. Só que não há tempo! Não há dinheiro. E o professor não tem incentivos... de, por exemplo, lhe reduzirem a carga horária para

desenvolver um projecto interessante com os alunos» (Professora de Ciências Naturais, Ciências da Terra e da Vida e de Biologia)

«Por exemplo, no 9.º ano, nós temos 45 minutos de aula teórica e 45 minutos de aula prática, mas não tens sempre a aula prática, por causa do cumprimento do programa. O programa é muito extenso... e então eu tentei seleccionar pelo menos uma experiência em cada unidade – uma dissecação ou outra experiência realizável em 45 minutos. (...) Os programas são muito extensos e os tempos diminuíram, e isso é mau, porque eles nunca ficam a saber nada em profundidade, e pela rama também não conseguem compreender. (...) Perante o ministério conta ter concluído o programa, ter falado nas coisas. (...) As pessoas ainda não ganharam o hábito de fazer aulas experimentais. Ainda continuam a achar que a teoria é que conta. (...) E acho que é uma pena irem deixar de existir estas disciplinas [Técnicas Laboratoriais, neste caso de Biologia]. (...) Não estamos a caminhar rumo ao ensino experimental, antes pelo contrário! Se fores ver as novas orientações curriculares, esta reestruturação é para fomentar a experimentação. Mas na prática não é isso que está a acontecer. As TLB foram implementadas no tempo do Mariano Gago, ele é o mentor da Ciência Viva. Ele é pró-ciência. Então diz-me lá por que razão é que nós estamos a andar para trás? A partir do momento em que tudo estava a andar bem, por que é voltámos para trás?! O problema destas coisas é que, sim, felizmente, agora o Mariano Gago voltou, mas estas coisas são feitas com antecedência e para o ano esta reforma não será travada, os livros para o 12.º ano já foram adoptados...» (Professora de Ciências Naturais, Ciências da Terra e da Vida e de Biologia)

«Terem tirado as técnicas laboratoriais [de Química] foi muito mau, porque aí os miúdos aprendiam muito. Estes agora ficam muito mais fracos que os outros» (Professora de Físico Química)

«Gosto muito das aulas práticas, do trabalho laboratorial... embora, às vezes, para cumprir os programas extensos que temos pela frente, seja difícil fazer todas as práticas que gostaríamos. Nas minhas aulas são dadas bases teóricas e, sempre que possível, complemento com trabalho experimental. (...) Nós estamos aqui para transmitir conhecimentos, mas é importante pô-los a trabalhar. (...) Este ano estou a dar 10.º ano, com um programa novo, muito interessante, mas muito extenso, e para cumpri-lo... Gostaria de fazer mais práticas, se não fosse um programa tão extenso... (...) As técnicas laboratoriais desaparecerem acho que é grave... porque eles aí faziam trabalhos práticos. Era complementar à parte teórica que temos de cumprir. Acabarem com as técnicas laboratoriais é uma preocupação grande que nós temos. Pode ser que invertam

a situação... É uma pena... sobretudo nestas disciplinas. (...) Temos de cumprir os programas, que são extensos, até porque os miúdos têm exames. E os exames são teóricos» (Professora de Físico-Química)

«Acabar com as TLB é um erro muito grande. Se não estava a correr bem, tentavam ver porquê, mas não acabavam com elas. Porque era uma disciplina muito importante! (...) Para o ministério importa é falar nas coisas, em muitas coisas, nem que seja tudo pela rama» (Professor de Biologia)

«Eu ainda não testei o novo sistema, em que CTV [Ciências da Terra e da Vida] é dado sem TLB [Técnicas Laboratoriais de Biologia], porque quando estive a dar o 10.º ano ainda tinha TLB e dava para... As experiências que serviam para marcar a matéria eram dadas naquela disciplina. Mas acho muito difícil, com toda esta pressão para cumprir o programa, e depois ter de dar tudo e fazer aulas experimentais... Eu opto sempre por fazer. Eu tento dar a matéria toda, mas não abduco da prática» (Professora de Ciências Naturais, Ciências da Terra e da Vida e de Biologia)

④ *O ensino experimental das ciências – desenvolvimento e aperfeiçoamento de programas de incentivos*

As condições físicas, materiais e financeiras que possibilitem a implementação e desenvolvimento de actividades e projectos de ensino experimental das ciências nas escolas constituem outro dos elementos críticos.

Desse ponto de vista, as nossas escolas parecem ter vindo a melhorar consideravelmente, com especial incidência a partir da segunda metade da década de 1990, com a criação do Programa Ciência Viva, o qual tem vindo a contribuir, nomeadamente, para o (re)equipamento de laboratórios escolares²⁶⁸. Todavia, apesar de poder não constituir um obstáculo generalizado ao universo das escolas portuguesas²⁶⁹, foi possível reunir um conjunto de evidências que apontam no sentido da inexistência ou insuficiência de infra-estruturas, materiais e equipamentos, e ainda de condições financeiras, constituindo, pois, sérios entraves à realização de actividades e projectos de ensino experimental que se tentam implementar.

²⁶⁸ Para mais detalhes, ver <http://www.ucv.mct.pt/>.

²⁶⁹ Nalguns casos, como veremos adiante, também em várias destas situações, a formação dos professores continua a ser o factor crítico.

«Eu já trabalhei numa escola – foi uma das melhores escolas onde já estive e gostei muito de trabalhar nessa escola! – que era uma escola nova, tinha três anos, onde havia muito material; dava para tudo e mais alguma coisa. Se eu precisasse de material para um projecto que quisesse desenvolver, a escola arranjava sempre dinheiro. A câmara também fornecia muito material. Fizemos o projecto que era uma maquete de uma casa, toda mobilada e iluminada, fizemos dois laboratórios abertos, um ‘peddy-paper’, um ‘rally-paper’, no final do ano fizemos actividades de Física e Química. Dinamizámos imensas actividades. Depois vim para esta escola, onde não havia material quase nenhum, e portanto poucas possibilidades de fazer o ensino experimental. Mas eu continuo a fazer, todas as semanas. Com o material que há. (...) A maior dificuldade é a falta de material! A falta de material é fatal. E é nós ensinarmos aos alunos que a Química é rigorosa e depois não termos uma balança para pesar! A nossa balança é de pratos, e o que acontece é nós querermos pesar, por exemplo, três gramas, e aquilo é maaaais ou meeeenos três gramas! E isso retira o rigor e a cientificidade, tanto que nós fazemos sempre os alunos escrever na conclusão que aqueles valores são aproximados... É sempre uma coisa que eles já escrevem, já sem nós lhes dizermos... Eles automaticamente assumem que estão a cometer erro, não deles mas da balança. E depois... é só entrar no nosso laboratório e ver... Eu estive a fazer decantação por funil, temos UMA ampola de decantação, um funil de decantação; mais nada! Temos lá outro mas está estragado... Tudo isto, todos estes materiais a gente pode requisitar à escola – e nós requisitamos todos os anos, ainda no ano passado requisitámos quase duas folhas A4 de material, só que o que nos é dito é que nunca há dinheiro para requisitar. Portanto, eles dão-nos um ‘plafond’ de, imagina, setenta e cinco euros... para nós requisitarmos. Com setenta e cinco euros o que a gente faz é comprar Sulfato de Cobre, e nós fazemos todas as nossas experiências com Sulfato de Cobre [riso de desespero]! Sabemos que temos de ir mesmo ao que é essencial. Portanto, só compramos reagentes! É, às vezes isto parece ridículo. Eu às vezes acabo por comprar o material e não digo a ninguém, e uso... e pronto. Porque é difícil. Porque a gente pede contraplacado de 1,6 cm para fazer as montagens, e demora... três meses a chegar... Quando chega a gente já acabou aquilo que queria fazer, e os miúdos já desmoralizaram... pronto, já passou à frente... Eu vou concorrer a um projecto comprando [a expensas próprias] o material todo. (...) Os miúdos adoram ter aulas no laboratório! Porque aquele ambiente é todo um ambiente muito científico; agora pusemos cá fora o telescópio, está em cima da bancada... Os miúdos vêem o telescópio!, vêem o material de laboratório!, vêem tudo cá fora e aquilo dá-lhes uma visão totalmente diferente! Sentem-se muito mais à vontade. (...) Quem não é professor de Físico-Química não entende isto, mas dar uma aula experimental é muito

desgastante. Porque são muitos alunos, tens de andar sempre a ver, de um lado para o outro. Chegas ao final do dia, tens de lavar e arrumar tudo, porque eles lavam mas já sabes, fica tudo mal lavado. (...) Conte-te a história de não ter detergente para lavar os materiais? Nem azeite para fazer experiências? Tenho de trazer de casa. E um dia destes acabou-se e foi a mãe de um aluno que me deu...» (Professora de Físico-Química)

«Nós não temos sempre aulas no laboratório. Este ano só tenho aulas uma vez [por semana] no laboratório, o que implica que eu tenha de andar com o material para a frente e para trás... (...) Pois, enquanto eu tenho aulas na sala 15 [sala de dimensões reduzidas] está a haver Inglês no laboratório, o que depois causa algum transtorno... (...) Desde que foi obrigatório, nós temos as turmas divididas por turnos. Portanto, eu nunca tenho a turma toda por inteiro. Eu tenho noventa minutos com metade da turma e depois, noutra dia, noventa minutos com a outra metade. Esta lei é, teoricamente, para fomentar as actividades experimentais, porque é muito mais fácil com menos alunos. Com 15 alunos tu trabalhas muito melhor experimentalmente. Acontece que eles põem-nos... eles conseguem enfiar-nos dentro de um gabinete... Percebes? E então põem uma turma inteira de Inglês, que não cabe num gabinete, a ter aulas no laboratório. Naquela escola estamos com cento e tal alunos a mais do que devíamos ter e o que acontece é que... não há salas! E então quando temos uma turma inteira, que precisa de uma sala grande para ter Inglês, e temos meia turma, e só temos um laboratório e um gabinete, não se vai pôr uma turma toda num gabinete; lá vai a turma toda para o laboratório e nós vamos para o gabinete. Portanto, isso não está a funcionar. (...) E depois nós temos o problema de ter muitas turmas... Por exemplo, às oito da manhã, estamos todas a dar Físico-Química, e é impossível... Não podemos estar todas na mesma sala. Esse problema também se coloca... Mas já tentámos fazer os nossos horários alternados, porque é possível, porque nós temos todas o mesmo dia livre – o dia em que nós aproveitamos para fazer o projecto, que é à terça-feira –, e portanto se nós conseguíssemos pôr algumas a dar aulas à terça-feira, ou seja, em dias intercalados, já dava, percebes? Mas é muito difícil, nas escolas isso é tudo muito difícil... E depois temos outros problemas mesmo da distribuição das turmas, porque nós temos turmas muito grandes, em que mesmo divididas tenho 18 alunos e depois não tenho material para eles todos. Porque, pronto... não há! E não há espaço para meter os miúdos... (...) Já sei que este ano vou ter de mudar de escola outra vez – já quase nem me apetece recomeçar o projecto pelo sexto ano consecutivo, sabes? Mas enfim... A proposta que fizemos ao ministério para manter quatro professores do projecto naquela escola para dar continuidade às actividades de ensino experimental com os miúdos do 1.º ciclo foi indeferida. É só o que pedíamos. Só pedia para ficar na escola. Acho que pensam que é uma desculpa que se arranja para

não mudar de escola, mas não é nada disso!... E soube também que vão voltar a juntar as turmas nas aulas de Físico-Química, o que, na prática, vai inviabilizar o ensino experimental, pois não há material para os miúdos todos ao mesmo tempo...» (Professora de Físico-Química)

O Programa *Ciência Viva* é, enquanto estímulo à prática experimental da ciência, o incentivo que os professores mais referem, e do qual fazem um balanço francamente positivo.

«Faço um balanço fantástico do [Ciência Viva], mas ao mesmo tempo triste, pois entristece-me tanto que o Ciência Viva nestes últimos anos... As visitas de Geologia no Verão... Ia a todas! (...) Sinto tanta falta de poder desenvolver projectos com um apoio e... Não é que queira ganhar nada em troca! Às vezes basta um apoio, os alunos são muito incentivados também por aquilo que obtêm em troca, sabes? E se eles souberem que está uma instituição grande por detrás...Estamos a falar de reconhecimento. Eles querem ser reconhecidos, a nível institucional, fora da escola.» (Professora de Ciências Naturais, Ciências da Terra e da Vida e de Biologia)

O presente trabalho conduz-nos igualmente a um conjunto diversificado de hipóteses quanto a outros incentivos a desenvolver ou aspectos a desenvolver nos existentes, como sejam uma maior proximidade e celeridade de resposta às necessidades do dia-a-dia de aulas, o acompanhamento nas escolas e a necessidade de se conhecerem e estabelecerem claramente etapas de literacia científica a atingir em determinadas etapas da vida escolar (através da criação de um *benchmark* de literacia científica).

«Eu faço um balanço muito positivo do Ciência Viva mas, por exemplo, nas escolas do 1.º ciclo, acho que não funciona tão bem. Eu conheço uma escola que ganhou muito material do Ciência Viva – ‘kits’ com experiências para os miúdos, computadores e tudo, tudo, tudo! A única coisa que precisei de comprar quando lá cheguei [no âmbito de um projecto de fazer ensino experimental com alunos do 1.º ciclo²⁷⁰] foi reagentes. Mas estava tudo encaixotado! Desencaixotei tudo e fez-se um pequeno laboratório. (...) O problema é que aquele material foi ganho por uma professora do ensino secundário que

²⁷⁰ Semelhante ao “Ciência com os mais novos” anteriormente descrito, pois trata-se de um excerto da entrevista à professora mentora desse projecto. Ficámos a saber que faz questão de o colocar em prática sempre que tem essa oportunidade – em todas as escolas que trabalha procura estabelecer contactos nesse sentido, a sua mãe é professora do 1.º Ciclo do Ensino Básico e ela *lá vai...* Aliás, foi justamente ‘*lá*’ que começou toda esta aventura. Diz que *lhe facilita quando os miúdos beneficiam destas experiências, porque depois chegam [até ela] mais ávidos de conhecimento científico.*

fez um projecto nessa escola, para o seu doutoramento, foi lá duas vezes, ganhou o projecto e nunca mais lá voltou. O material ficou na escola, mas como as professoras não o sabiam utilizar, estava tudo encaixotado! (...) Foi lá um professor do [Instituto Superior] Técnico ver como as coisas estavam a correr, e dar formação às professoras, mas aquilo correu tão bem que as coisas continuaram encaixotadas. (...) É preciso acompanhar durante algum tempo, para se autonomizarem e perderem o medo. O meu trabalho demonstrou que não tinham conhecimentos práticos e tinham medo de fazer ensino experimental²⁷¹. (...) Depois também acontecia que os 'kits' não estavam adaptados aos miúdos. Nem todas as experiências fazem sentido em certas idades. (...) Eu participei no Ciência Viva numa escola secundária onde estive e correu tudo bem, porque eu dinamizei tudo o que me deram. Foi óptimo! (...) Se agora me dissessem assim 'tens direito ao Ciência Viva' eu dinamizava muito bem! E depois se calhar não me importava nada, tipo mês sim, mês não, ter de entregar um relatório das actividades que fiz. Fazer um controlo do que é que estou a utilizar. O que é que me falta. Fazer controlo mesmo! Não é só de ano a ano. Porque de ano a ano é muito tempo! A gente faz muita coisa durante um ano! Mês sim, mês não – eles terem um padrão de relatório, em que a gente escrevesse 'No dia tal fiz a experiência tal e tal'. Não uma coisa muito estruturada que meta medo às pessoas, mas receberem um 'feedback' das escolas todos meses, porque assim já teriam reparado que aquela escola estava parada... percebes? Por exemplo... 'falta-me o material tal e tal', 'Observações: gostaria de fazer a experiência tal e tal, e falta-me o material tal e tal. Acham que se enquadra, que não se enquadra?'. Uma coisa desse tipo, haver mais comunicação entre as pessoas que estão responsáveis e o próprio Ciência Viva, para bem da ciência e das pessoas. Seria mais correcto, porque, por exemplo, a mim mandarem quatro computadores se calhar não tem muita utilidade mas se me mandassem um computador, uma balança e duas provetas, uma ampola de decantação e coisas que eu sinto falta no dia-a-dia, se calhar não era um projecto tão megalómano e acabava por ter mais proveito...» (Professora de Físico-Química)

⑤ A Escola e a Sociedade

Apesar de indiscutível o papel da escola na promoção da cultura científica dos jovens, nomeadamente através do ensino experimental das ciências, não podemos pensar na escola isolada da sociedade onde está inserida e da qual os seus professores e alunos são parte integrante. Assim, todos somos convocados a participar, e desejavelmente, em

²⁷¹ Desenvolveu com base neste projecto uma tese de mestrado, em que procura demonstrar que estas experiências são importantes em termos de resultados efectivos na aprendizagem da ciência, designadamente nos ciclos seguintes, quando começam a aprender ramos especializados da ciência. Aborda igualmente a impreparação de muitos dos colegas do 1.º Ciclo para actividades experimentais.

muitos casos, em iniciativas conjuntas. Desde a família, com o seu papel fundamental de educação e motivação dos jovens, ao Estado, universidades e centros de investigação, câmaras municipais²⁷² e juntas de freguesia, entre tantos outros, todos temos uma missão a cumprir no que à promoção da cultura científica diz respeito.

«A escola não consegue, só por si, motivar... Se não for a família numa acção conjunta, entre nós e eles, não é? (...) Eu acho importante as universidades virem às escolas. E encarar isso como uma prioridade – as escolas» (Professora de Físico-Química)

«Também é papel da escola educar as crianças, mas esse é principalmente um papel dos pais e do qual não podem abdicar. Esse é um conceito absolutamente errado, que deu cabo do nosso ensino. Ensinar valores como a honestidade, a cidadania é também, e muito!, um papel da família» (Professora de Ciências Naturais, de Ciências da Terra e da Vida e de Biologia)

Num dos projectos que acompanhámos, encontrámos um caso que nos parece paradigmático na aproximação entre escola e família, ainda que não necessariamente relacionado com o ensino da ciência, mas seguramente muito enriquecedor para uma realidade conjunta de alunos, famílias e professores.

«Agora optámos... decidimos... – nós, porque não está nada formalizado, nomeadamente com o Ministério da Educação – que cada pai deve intervir na escola, de uma forma à sua escolha. Cada um vem à escola ensinar-nos qualquer coisa, contribuir com o que sabe. Sobretudo neste meio, onde os pais estudaram pouco, eles pensavam que não tinham nada para nos ensinar. ‘É costureira? Então ensina-nos a coser botões’, disse eu a uma mãe. Depois há um pai que nos ensina a plantar uma couve. (...) E então os pais ficaram muito contentes por ter algo para nos ensinar. E os miúdos ficaram todos orgulhosos!» (Professora de Físico-Química)

7.4 Considerações finais

Procurámos identificar um conjunto de actores e factores críticos do ensino das ciências, a partir da análise das condições e condicionantes do ensino experimental das ciências em escolas portuguesas.

²⁷² Das iniciativas que, felizmente, se vão multiplicando, podemos apontar, apenas como exemplo, o projecto *BiblioCiência*, numa iniciativa conjunta da Câmara Municipal de Lisboa, bibliotecas municipais, escolas e do Núcleo de Física do Instituto Superior Técnico. Para mais detalhes, ver <http://www.bibliociencia.cm-lisboa.pt>.

A primeira e, porventura, mais importante ideia a salientar é a de que existem inúmeros excelentes exemplos de ensino da ciência, e em particular de ensino experimental das ciências, em Portugal.

Depois, constatámos a não linearidade do sistema educativo também no que diz respeito ao ensino experimental das ciências. De facto, a implementação e o desenvolvimento de projectos e actividades de ensino experimental das ciências nas escolas é uma realidade envolta numa complexa interligação de múltiplos actores e factores.

As observações realizadas e as informações recolhidas constituem um manancial rico de conhecimentos, através do qual foi possível identificar algumas das questões críticas acerca do ensino das ciências nas escolas portuguesas.

Desde logo, o ensino experimental das ciências constitui um factor crítico do ensino da ciência, na medida em que: i) facilita a compreensão de conceitos complexos e abstractos, ii) contribui para solidificar conhecimentos, iii) promove a cultura científica, iv) ajuda a controlar problemas de indisciplina, e v) cativa alunos menos participativos ou menos bem sucedidos.

O professor surge como um actor crítico do ensino experimental das ciências, numa interligação complexa de factores críticos: formação – inicial e contínua –; vocação; sistema de progressão na carreira; avaliação de desempenho; incentivos; reconhecimento social.

O projecto '*Ciência com os mais novos*' permite compreender, também, a importância das redes informais que se constituem e fortalecem o ensino-aprendizagem da ciência em contexto escolar. Com efeito, a formação espontânea de um grupo de professoras para levar a cabo um projecto de ensino da ciência por si definido, é a manifestação mais explícita de um ensino que se desenvolve e aprofunda, inicialmente de modo informal para evoluir, depois, para um registo de natureza mais formal, com o reconhecimento e apoio da tutela. Não estando formalizado em currículos previamente estabelecidos, não deixou, por isso, de constituir uma importante mais-valia no que respeita à educação em ciências de que os alunos beneficiaram informalmente e beneficiam agora, de igual modo, mas com um carácter mais formal.

As políticas educativas constituem outro factor crítico no ensino experimental das ciências em Portugal, justamente na medida em que algumas reestruturações curriculares são consideradas inoperantes, e mesmo contraproducentes. Os aspectos mais salientados são a redução do número de horas lectivas semanais em algumas

disciplinas, a extensão dos programas escolares – eminentemente teóricos, em consonância com o próprio sistema de avaliação dos alunos, que privilegia sobretudo a apreensão de conhecimentos teóricos – e a extinção da disciplina *Técnicas Laboratoriais*. No decurso da nossa investigação, viria a ser extinta também a disciplina *Área de Projecto*, no âmbito da qual alguns dos trabalhos que analisámos anteriormente foram realizados, nomeadamente o projecto *‘A Gravidez na Adolescência’*²⁷³.

«As ciências já não interessam para nada! Ciências físico-químicas, ciências naturais passaram a ter um horário semanal ‘hiper-reduzido’... Agora pensa uma coisa: são disciplinas de carácter abstracto... que necessitam de muito tempo para compreensão daquelas matérias... Como é que eu vou ensinar o interior da terra se eu não posso ir ao interior da terra mostrar aos alunos como é que aquilo é?... Eu tenho de lhes permitir tempo de assimilação, porque é uma matéria de difícil compreensão para eles. Ainda por cima, eles estão numa idade intelectual que não lhes permite uma abstracção muito grande àquele nível de compreensão. [...] Como é que eu consigo estar mais adiantada na matéria que os meus colegas, por exemplo no 9.º ano, quando eu faço experiências com os órgãos? Estas matérias, eu dou-as com calma... Dou-as com calma e sempre de forma interactiva – o mais interactivamente possível –, para que eles consigam compreender aquilo que eu estou a transmitir, a que estou a tentar a que cheguem. Porque se eu vou debitar matéria, eles não assimilam nada! Eles decoram! Decoram para o teste de amanhã e depois de amanhã já não sabem absolutamente nada! Eu acho que o mais importante no ensino é ensinares a aprender a pensar. E não ensinar ‘as coisas são assim, e ponto final!’ Ensiná-los a aprender, a fazê-los

²⁷³ A *Área de Projecto* do 12º ano é eliminada da matriz dos cursos científico-humanísticos, depois de aparentemente se ter percebido que haveria benefício pedagógico suficiente em utilizar as chamadas "metodologias de projecto" em cada uma das disciplinas do currículo em vez de ter a *Área de Projecto* como disciplina autónoma, explica o Conselho de Ministros em comunicado. Avança-se ainda que se dá, por esta via, um passo na reorganização curricular do ensino secundário, que entre os seus objectivos pretende diminuir a carga horária lectiva semanal dos alunos do último ano deste grau de ensino e centrar a atenção na preparação dos exames nacionais. Para mais detalhes, consultar Comunicado do Conselho de Ministros de 6 de Janeiro de 2011, disponível em: <http://www.portugal.gov.pt/pt/ogoverno/arquivo-historico/governos-constitucionais/gc18/comunicados-cm/cm-2011/20110106.aspx>.

As posições dos professores de ciências relativamente à existência da disciplina *Área de Projecto*, ao contrário do que aconteceu com as *Técnicas Laboratoriais*, não se revelou unânime em termos favoráveis, dado o seu ‘carácter dúbio’ de vantagem ou desvantagem face ao ensino da ciência. *«São coisas que lhes ocupam tempo. E onde às vezes não aprendem nada. Dependem da área do professor que dá a disciplina, que pode ser de qualquer área. E, portanto, pode envolver ciência ou não. E também se o professor está motivado para desenvolver projectos. [...] Porque é que tem de haver uma disciplina específica para os alunos desenvolverem projectos?! Quando cada disciplina pode desenvolver o seu projecto! Ou até pode haver um projecto interdisciplinar! Eu já dei Área de projecto, e fiz coisas interessantíssimas com os miúdos, mas há casos em que vão à net e imprimem umas coisas e já está... E depois porque para haver essas áreas de projecto, estudos acompanhados, educações cívicas... deixou de haver as 4 horas por semana de ciências»* (Professora de Biologia).

compreender porque é que aquilo é assim! A desenvolver espírito reflexivo. Para mim essa é a essência do ensino! O ensino experimental permite não só solidificar, como chegar aos conhecimentos! Porque em ciências naturais há n experiências que podem ser feitas, antes de tu dares uma matéria, que leva os alunos a chegarem sozinhos! Por exemplo, no 9.º ano há uma parte em que tens de dar o sistema digestivo. E então eles para perceberem a acção dos nutrientes... antes de eu lhes dizer: 'Olha, os nutrientes são estes... Toma, toma, toma!', 'A função deles é esta... Toma, toma, toma!'. Em vez de eu lhes dizer isso, se eu tiver que tempo para eles realizarem uma série de experiências básicas – porque eles sabem o que é um açúcar, uma gordura, isso tudo, mesmo que não saibam o termo técnico, dos lípidos e essas coisas todas... e, portanto, se eu lhes der uma aula experimental em que eles conseguem fazer uma experiência em que vejam o que é que faz um açúcar, o que é que faz uma gordura... quando fores introduzir isso eles já lá estão, percebes? E, portanto, é muito mais significativa a aprendizagem que eles adquirem... E agora é assim: não tenho tempo para isso! [...] [Agora] o que eu resolvo é, normalmente, tenho as minhas aulas interactivas com eles, faço-os chegar lá, faço-os questionar à mesma. Só que a questão é que não posso... não tenho tempo para fazer as aulas práticas que fazia dantes. Faço depois o que for possível, no fim; utilizo as aulas experimentais normalmente para lhes mostrar, para lhes provar que aquilo a que eles chegaram, aquilo que eu lhes dei, é verdadeiro. [...] Eu acho que era muito mais interessante fazê-lo antes... Por exemplo, pegar nos órgãos antes de dar os órgãos, e de olhar para eles e ver o que é que lá estava, perguntar, e despertar a curiosidade para 'o que é que é isto?', 'O que é que é aquilo?' E depois então na aula seguinte: 'Isto é...' E eles: 'Ah, pois é, é aquela parte mais grossa e mais fina...'. É diferente. Esta é a percepção que eu tenho, mas como eu sou 'pequenina' [insignificante]. Mas é a ideia que eu tenho até agora.» (Professora de Ciências Naturais – EB 2,3)

As condições físicas, materiais e financeiras que possibilitem a implementação e desenvolvimento de projectos e actividades de ensino experimental das ciências nas escolas constituem outro dos elementos críticos. As nossas escolas parecem ter vindo a melhorar consideravelmente nesse aspecto, com especial incidência a partir da segunda metade da década de 1990, com a criação do Programa Ciência Viva, o qual tem vindo a contribuir, nomeadamente, para o (re)equipamento de laboratórios escolares. Todavia, foi possível reunir um conjunto de evidências que apontam para entraves à realização de actividades e projectos de ensino experimental que se tentam implementar relacionados

com a inexistência ou insuficiência de infra-estruturas, materiais e equipamentos, e ainda de condições financeiras para realizar algumas actividades.

Deste modo, e apesar de o balanço que os professores fazem dos incentivos existentes – referindo-se quase sempre ao Programa Ciência Viva, do qual fazem uma avaliação francamente positiva –, ressalta a necessidade de um sistema de incentivos com capacidade de resposta célere e direccionada para as necessidades do dia-a-dia da actividade científica que se desenvolve e procura desenvolver nas escolas portuguesas.

«Pede-se qualquer coisa à escola, quando vem, demora três meses a chegar. Quando chega, já não é em tempo útil, os miúdos já desmoralizaram... (...) Deveria haver alguém a quem eu pudesse dizer: 'Este período gostaria de fazer a experiência tal. Falta-me o material tal. É possível?' (...) A mim mandarem-me quatro computadores se calhar não tem tanta utilidade, mas se me mandassem um computador, uma balança, duas provetas e uma ampola de decantação, que são coisas que eu sinto falta no dia-a-dia, não era tão megalómano e acabava por ter mais proveito.» (Professora de Físico-Química)

Muitas das actividades desenvolvidas e das iniciativas existentes revestem-se de carácter voluntário – por parte de professores, centros de investigação, universidades, câmaras municipais... – muitas vezes sem qualquer incentivo que não o gosto puro e desinteressado por levar os jovens a *caminhar rumo ao conhecimento científico*.

Capítulo 8

A Ciência tal qual se ensina e aprende: o trabalho de campo na (e a partir da) escola. Apresentação e discussão de resultados

Neste capítulo, apresentamos o trabalho de recolha de dados realizado no segundo ano de pesquisa no terreno, e analisamos e discutimos os resultados alcançados. Para tal, começamos por nos deter sobre o nosso *regresso à escola*, enquadrando e caracterizando os dois estudos de caso realizados nesse período. Depois detemo-nos sobre a análise dos estudos de caso através dos quais procurámos observar e compreender o ensino-aprendizagem da ciência na (e a partir da) escola, na sua prática contextualizada quotidiana, ou seja, *tal qual se faz*. Terminamos com uma reflexão sobre os resultados alcançados, apresentando o conceito de *transformatividade* da educação científica.

8.1 *O regresso à escola. Trabalho de campo: enquadramento e caracterização dos estudos de caso*

Após o interregno das aulas para férias de Verão, *regressámos à escola*. Durante esse intervalo lectivo mantivemos contacto com alguns professores e, em particular, com uma professora de Biologia e Geologia que habitualmente tem uma actividade científica intensa nesse período, quer no que diz respeito a acções de formação (a este propósito, numa das nossas muitas ‘*conversas de Verão*’ diz-nos: «*Eu sou um bocadinho lunática porque eu fiz o curso [licenciatura em Biologia] mas [depois] nunca parei; eu fiz imensos cursos [acções de formação]. Eu tenho muitos, muitos, muitos cursos. (...) Principalmente em Geologia. (...) E na área da educação. Fiz imensos cursos educacionais. Imensos! (...) [Queixa-se da falta de tempo para frequentar todas as acções que gostaria] Há pessoas que pensam que os professores ‘só’ têm de dar aulas, mas um professor tem muitas horas de trabalho além das aulas – reuniões, preparação das aulas – se soubesses o tempo que eu demoro a preparar as minhas aulas –, receber os encarregados de educação... Enfim, fica-se sem tempo para nada! E eu queria tanto ter tempo para estas coisas... Um professor tem de estar sempre actualizado! E eu gosto de aprender! Tenho aqui [na Faculdade de Ciências de Lisboa, onde tem lugar parte da sua formação contínua] professores de quem fiquei amiga! E aprendo muito com eles!»), quer*

pela participação em actividades do Programa Ciência Viva no Verão²⁷⁴ (noutra ocasião, diz-nos relativamente a este assunto: «*Vou a todas as [acções] que me deixam ir! Todas as pessoas deviam ver estas coisas. Os faróis... ah, os faróis, que maravilha! Já visitaste algum? As observações [astronómicas] à noite, com aquela gente toda ali a ouvir as explicações... Adoro ver ali aquela gente toda interessada em ouvir falar de ciência! A sensação de ver o universo perfeito em que vivemos... Perfeito, quer dizer, se não fosse o homem... Mas também se não fosse o homem não era possível estarmos ali a observar assim...* [risos, num misto de alegria e preocupação; é uma pessoa ambientalmente muito consciente e preocupada]»). Mas tem também muitas actividades pessoais – de que são exemplo o mergulho (segundo a própria, «*para conhecer a biodiversidade dos subsistemas aquáticos. E é uma paz lá em baixo... É uma terapia!*»), as caminhadas em zonas sem ou com pouca intervenção humana ou ainda a espeleologia, dada a sua paixão pelo nosso subsolo («*Um dos mais ricos do mundo! As pessoas não conhecem as maravilhas deste país! E também gosto muito de dar estes passeios, estás a ver ali aquela montanha? Estas montanhas todas?! São de origem vulcânica! Tenho de trazer aqui os miúdos [alunos] quando der a parte dos vulcões! Não é longe da escola, tenho de conseguir trazê-los aqui! (...) Isto não são ‘só’ pedras. [começando a apanhar “pedras” do chão e dá-nos uma explicação científica sobre cada uma delas – nome científico, origem, composição geológica... Nós próprios lembrámos e/ou aprendemos muito sobre ciência no decurso desta investigação!] O nosso país é lindo, lindo, lindo! Um dos mais ricos geologicamente. Os nossos solos... o nosso subsolo... Temos grutas fantásticas!*»).

Esta professora de Biologia e Geologia – a professora Tânia²⁷⁵ –, conhecemo-la através da professora Vanda²⁷⁶, sendo uma das professoras que entusiasticamente se voluntariou para acompanhá-la nessa *missão de levar a ciência aos alunos do 1.º ciclo do ensino básico* (e que, na altura, nos dizia: «*arranjar um horário em que todas possamos não é fácil, mas quando uma não pode, as outras compensam. ‘Fixas’ somos eu [Tânia] e a Vanda, que criou isto, e depois às vezes vem a Cristina [professora de Físico-Química]. E ando a convencer a Paula também [professora de Biologia]. Esta semana não se escapa. Ai, para a próxima [sessão] também vem. Ai se vem!* [risos] *Já estive a ver possibilidades [de experiências]*

²⁷⁴ Para mais detalhes sobre a edição de 2014, cf. <http://www.cienciaviva.pt/veraocv/2014/> [consultado em 06/09/2014].

²⁷⁵ Por forma a preservar a identidade de professores e alunos, usam-se pseudónimos ao longo deste capítulo. Também se optou por manter o anonimato da escola em que decorreu o trabalho de campo. No caso dos projectos escolares apresentados nos capítulos 6 e 7, sempre que os protagonistas e respectivas escolas estão identificados, fazemo-lo porque os projectos escolares em que participaram já haviam sido alvo de publicação com menção da sua identificação. Nos outros casos, recorreu-se também ao uso de pseudónimos.

²⁷⁶ Professora de Físico-Química e mentora do projecto ‘*Ciência com os mais novos*’, descrito e discutido no capítulo 7.

*com ela, que tenham a ver com a idade deles e com o programa deles, claro!*²⁷⁷ *Porque isto não é só chegar ali e ‘mostrar umas coisas’. Nós pensamos bem sobre o que levamos aos miúdos. Não é nada à toa!»).*

Pelo seu entusiasmo pelo nosso trabalho («*As pessoas têm de saber as coisas giras que se fazem nas nossas escolas!*») e pela sua disponibilidade («*Conta comigo para tudo em que te puder ajudar!*»), fomos estreitando laços, sobretudo após um ano lectivo a encontrarmo-nos várias vezes no âmbito do projecto ‘*Ciência com os mais novos*’, depois de inúmeras conversas sobre o ensino/aprendizagem da ciência, de uma entrevista mais aprofundada sobre o ensino experimental, de nos apresentar a muitos colegas espalhados por várias escolas (os quais nos deram também os seus testemunhos como professores de ciências, e que viriam a revelar-se decisivos para o apresentado e discutido no capítulo anterior), e ainda de um Verão de intensas partilhas sobre o tema em estudo.

O trabalho de campo durante o ano lectivo anterior havia sido profusamente rico em experiências observacionais e relatos sobre educação científica. E, conjuntamente com o enquadramento teórico que vínhamos aprofundando²⁷⁸, conduzia-nos agora à necessidade de uma observação mais focalizada, que nos permitisse identificar e aprofundar as interligações do quotidiano subjacentes ao ensino/aprendizagem das ciências.

A realidade social é sempre mais plurifacetada do que à primeira vista deixa transparecer e, portanto, a nossa ideia terá sido a de, por analogia a uma abordagem d’ *a ciência tal qual se faz* (Gil, 1999; Ladrière, 1999; Martinez, Ávila e Costa, 1994; Ávila, 1998), procurar fazer uma análise sob a perspectiva d’ *o ensino/aprendizagem da ciência tal qual se faz*. Procurando captar e fazer uma caracterização fina – na escola e, partindo dela, noutros domínios de educação científica – dos processos institucionais de educação científica, das aprendizagens formais, não formais e informais, das redes sociais, da didáctica das ciências subjacente, dos processos de comunicação e tradução, e de negociação de actividades. Ou seja, proceder à análise de alguns aspectos da educação científica centrada essencialmente no seu contexto escolar, e nas interligações

²⁷⁷ E a professora Paula esteve, de facto, presente na sessão seguinte. Confidenciando-nos, em tom de brincadeira que «*só a Tânia para me meter nestas coisas. Eu já tenho pouco trabalho com os meus alunos...* [E depois em tom mais sério] *Moro longe, e vir aqui à terça-feira à tarde de propósito não dá muito jeito. Só o que eu gasto em gasolina... E tenho sempre coisas para fazer...* Mas, no final, confessou-se «*aliviada*» e «*muito feliz*» por ter participado, «*porque os miúdos são fantásticos e correu tudo muito bem. Estava com um pouco de medo que algo não corresse bem, que eles não gostassem. Mas eles parecem ter adorado isto! É uma ‘aula’ diferente, sabes?*» (Professora Paula)

²⁷⁸ Cf. Parte I, capítulos 1, 2 e 3.

que a partir daí se estabelecem, por forma a *descrever e alcançar a caracterização local das estruturas e dos processos sociais que as organizam e dinamizam*, como discutido por Costa (1986).

Ressaltando, então, a relevância dos seguintes elementos de análise: i) a relação pedagógica professor/aluno e a gestão da aula; ii) as estratégias de ensino e as inovações educacionais implementadas pelos profissionais de educação (nomeadamente as relacionadas com uma abordagem de ensino/aprendizagem em ciência/tecnologia/sociedade); iii) a abertura da escola ao exterior (relação de professor e alunos com indivíduos e/ou instituições externos ao ambiente escolar e à sala de aula, designadamente as que remetam para parcerias ou acções pontuais de formação científica – visitas de estudo, palestras, participação em concursos científicos, grau de proximidade e envolvimento com instituições e comunidades locais, regionais, nacionais ou internacionais); e iv) as dinâmicas através das quais os contextos não formais e informais de aprendizagem se interligam com o ensino/aprendizagem da ciência na escola.

Da contextualização teórica efectuada e da experiência acumulada sobre educação científica de crianças e jovens, partimos baseados nas seguintes hipóteses de trabalho²⁷⁹:

- 1) a existência de uma dinâmica intensa entre a educação científica formal (que tem lugar sobretudo no contexto da sala de aula), e contextos de não formalidade ou informalidade na aquisição de conhecimentos científicos (de alunos, mas também de professores), que crescentemente perpassam o processo educativo formal e o reforçam;
- 2) o professor como elo de ligação entre domínios formais, não formais e informais; e também como potenciador da assimilação de conteúdos científicos obtidos fora da sala de aula e orientador da selecção dos mesmos.

Os resultados de que damos conta neste capítulo correspondem, portanto, a um segundo ano de trabalho de campo, em que se procedeu a uma análise sistemática e exaustiva de dois estudos de caso, com vista à compreensão da realidade em estudo nos

²⁷⁹ Uma grelha de análise que serviu de instrumento de caracterização das práticas pedagógicas do ensino da ciência na (e a partir da) escola, pode ser consultado em anexo. Vide Anexo B.

termos enunciados. Tendo realizado, para tal, uma pesquisa prolongada e continuada no terreno, de natureza etnometodológica²⁸⁰, da qual constou observação participante numa escola secundária pública do distrito de Lisboa, que incluiu o acompanhamento diário de duas turmas (uma do 10.º ano de Biologia e Geologia e outra do 12.º ano de Biologia) – assistindo às aulas, estando com alunos e/ou professores e/ou auxiliares de acção educativa²⁸¹ nos intervalos, e participando nas actividades que desenvolveram na, ou a partir da escola, durante um ano lectivo.

Os critérios que presidiram à escolha dos estudos de caso deste segundo ano de trabalho de campo prendem-se com motivos de diversa ordem. A saber:

i) optámos, guiados pela experiência anterior e pelos objectivos concretos da nossa pesquisa, por reduzir o número de casos a estudar. A profundidade de uma análise

²⁸⁰ A pesquisa baseou-se numa metodologia que conjugou um período de observação directa no terreno, de carácter etnográfico (no sentido de presencial, prolongada e narrativa), análise documental, conversas informais e entrevistas. Cf. capítulo 5.

²⁸¹ Uma das auxiliares do pavilhão onde decorriam as aulas destas duas turmas, é, simultaneamente, desde há alguns anos, *assistente* dos professores de ciências nas suas aulas experimentais. É assim, de resto, que que nos é apresentada pelos professores: «*Já conheces a D. Elisa? É uma das auxiliares deste pavilhão. E também nos ajuda no laboratório. É nossa assistente!* [acrescentam entre risos, mas convictos do seu valor]». A sua colaboração passa, nomeadamente, por ajudar na preparação prévia dos instrumentos e equipamentos necessários a algumas experiências e pela sua posterior limpeza e arrumação. Esta profissional de educação trouxe-nos, de facto, um testemunho muito rico e interessante sobre o ensino da ciência nesta escola. «*Os professores ensinaram-me... Já sei o nome de todos os instrumentos! Quando me dizem: 'D. Elisa, amanhã vamos fazer a experiência disto e daquilo, pode, por favor, preparar...?' 'Claro, senhor professor, para que horário?' [...] Ninguém queria ir, tinham medo! De estragar alguma coisa, ou de que aquilo expluda, sei lá! Eu fui! E gosto. Gosto muito de ajudar no laboratório!*», diz-nos, modestamente, mas com visível orgulho (D. Elisa). E de, facto, os professores têm-na como «*uma ajuda preciosa! Trata tudo com cuidado, limpa e arruma tudo no sítio certo. Às vezes, se for preciso, até ajuda a preparar as coisas de uma aula para outra! Não porque não planeamos tudo bem planeado, mas porque não temos [material] para duas aulas seguidas e temos de preparar na hora. E nem é preciso dizer nada, ela já sabe os procedimentos, a disposição... Faz uns tabuleiros com tudo... Impecáveis! Ela é uma ajuda preciosa! Sabes, algumas coisas são caras, e se se partirem a escola não tem dinheiro para comprar logo outras! E isso pode significar a diferença entre fazer uma experiência ou não fazer... Mas com ela estamos descansados. Tem acesso livre ao laboratório [sala contígua à sala de aula específica para ensino da ciência, e com ligação ainda a uma terceira sala, de dimensões muito reduzidas, onde os professores de ciências se reúnem para falar sobre assuntos da sua área, preparar aulas, corrigir testes – embora optem por fazer essas tarefas normalmente em casa]. Às vezes, sem ela, seria difícil, para não dizer impossível, fazer certas coisas» (Professor Pedro).*

Numa fase mais avançada da pesquisa, quando alguma confiança estava criada entre nós, confidencia-nos certo dia que «*Os [professores] de ciências [da escola] são bons! Preocupam-se com os alunos. Puxam por eles! Os outros também, claro! Mas eu lido muito com estes e vejo o trabalho destes, e digo-lhe: são bons. Não faltam! Dão bem a matéria. Dão-se bem com os alunos. E não são matérias fáceis, acho eu... E a maioria deles até tem notas bem boas! [...] Estes miúdos [turma do 10.º ano], com a professora de Inglês, por exemplo, não os reconhecia! Ela falta muito – este período ainda só tiveram três aulas... E, quando vem, vai-se embora a meio da aula. Ela e os miúdos não... Mas são assim só com ela... Porque como vê, mesmo connosco respeitam-nos. Ai deles que não! [risos] De modo que nem se percebe muito bem. [...] Acho que a senhora sofre dos nervos e depois vem e mete logo baixa... Mas eu nem devo dizer estas coisas. Não me leve a mal. Eu respeito todos os professores. Todas as pessoas! E esta escola, digo-lhe, é muito boa! Tem muitos bons professores. Saem daqui muitos [alunos] para Lisboa, Porto, Évora... Coimbra!... [referindo-se a ingressos no ensino superior]! Gosto muito de aqui trabalhar.» (D. Elisa, Diário de campo, 16 de Maio).*

deste tipo, parece-nos, é inversamente proporcional à quantidade de casos estudados. A nossa investigação de cariz etnográfico seria, aliás, inviável se dispersa espacialmente por várias escolas ou várias turmas sequer;

ii) Um dos nossos contactos privilegiados com as escolas é, nesse ano lectivo, a professora Tânia, entretanto colocada não na mesma escola em que a conhecêramos no ano lectivo anterior, mas no mesmo agrupamento escolar, desta vez na escola secundária (sendo as escolas dos vários ciclos contíguas)²⁸². Através da professora Tânia viria a confirmar-se, efectivamente, um acesso mais facilitado à escola nesse ano lectivo²⁸³. Quem investiga nesta área sabe que nem sempre é fácil entrar no *mundo da escola*, sobretudo para fazer uma análise que envolve a nossa participação diária nas actividades dos professores e dos alunos²⁸⁴. No nosso caso, após termos sido apresentados pela professora Tânia à coordenadora do grupo de ciências e de lhe termos exposto o assunto, fomos aconselhadas a reunir com a presidente do conselho executivo da escola («assistir às aulas é um assunto que me transcende. Por mim, não há problema, desde que os alunos não sejam prejudicados. E eu estou em crer que a Isabel [presidente do conselho executivo da escola] também dará o seu aval. Mas tem de falar com ela, porque isso já me transcende. Se ela disser que sim, por mim, tudo bem também»). Assim aconteceu. Logo que possível reunimos com a presidente do conselho executivo da escola (a pedido da professora Tânia), a qual concordou com a nossa presença nos moldes solicitados, propondo-nos apenas que redigíssemos e assinássemos um protocolo no qual constassem os objectivos científicos da nossa pesquisa, as turmas e os professores a acompanhar e em que assumíssemos o compromisso de não interferir no normal

²⁸² A professora Vanda foi colocada numa escola fora do nosso alcance geográfico para uma análise quotidiana, e outros colegas cuja prática do ensino se constituiria, por certo, igualmente interessante para uma análise desta natureza, foram também colocados em locais distantes. Sendo para nós, portanto, impossível segui-los numa base diária. Mas, note-se, a professora Tânia não era uma *escolha de recurso*. Pelo contrário! Era, de entre tantos casos de que tivéramos conhecimento, porventura até a que mais curiosidade científica entretanto nos despertara (fruto também das nossas ‘partilhas de Verão’): *Como serão as aulas desta professora?, como será a sua relação diária com os alunos?*, observadas *in loco*, interrogávamo-nos já... ansiosos pela possibilidade de ter respostas a estas e outras questões subjacentes à nossa pesquisa e pela eventual possibilidade do nosso *regresso à escola* e agora também *às aulas*.

²⁸³ No ano anterior, a nossa presença em escolas fora extensa, nalguns casos intensa mas intercalada, e não envolvia o acesso às aulas; entrávamos nas escolas acompanhadas pelas professoras ou só mas com a sua indicação na portaria da escola para que nos deixassem entrar naquele dia. Agora, a nossa presença diária na escola requeria, por parte da escola, laços *mais formais* enquanto *instituição acolhedora* da nossa pesquisa no terreno. Passávamos a ser um *elemento da escola*; um elemento *diferente*, é certo, porquanto não somos professores, alunos, pessoal auxiliar ou administrativo –, mas ainda assim um elemento da escola naquele ano lectivo. Mas este é um assunto que retomaremos adiante.

²⁸⁴ Nomeadamente, pela objecção por parte de quem tem a função de *proteger os portões da escola* (Burgess, 2001; Burgess *et al.*, 1985; Delamont, 2013), ou seja, de quem detém a autoridade formal para autorizar (ou recusar) a presença de *pessoas de fora* na escola. Mas também em termos da aceitação dos professores e dos alunos para que um *estranho* assista às suas aulas e demais actividades escolares.

desenvolvimento das suas actividades lectivas ou nas de quaisquer outros professores e alunos. *«Não é por mim, como compreenderá, mas tenho sempre de salvar a posição da escola, dos professores e dos alunos, nomeadamente perante o ministério e os encarregados de educação»*, acrescenta. Agradecemos o voto de confiança e a valorização do nosso trabalho e, sem hesitação, prontificamo-nos redigir, assinar e entregar o protocolo nos moldes solicitados. Foi o que fizemos. Sentimo-nos genuinamente bem acolhidos desde o primeiro dia: *«Então, logo que possa, mande-me o protocolo, está bem? Mas pode começar já a trabalhar! Bem-vinda à nossa escola! Bom trabalho»*, conclui, perante a satisfação óbvia da professora Tânia, que assim que saímos do gabinete prontamente nos congratula, dizendo: *«Eu não te disse que ela era acessível? Às vezes, têm medo de meter pessoas de fora na escola... É uma grande responsabilidade! Mas como vens com uma professora... sabem que eu não ia trazer uma pessoa qualquer. Estes estudos são importantes! As pessoas precisam de saber o que é que se passa com a educação, porque é o pilar da nossa sociedade! E a Isabel é uma pessoa aberta a estas coisas.»*

iii) acompanhar a actividade lectiva diária da professora Tânia, no âmbito da disciplina de Biologia de uma turma do 12.º ano, viria assim a constituir um dos nossos estudos de caso. Dava-nos a possibilidade de observar o último ano de ensino científico da disciplina²⁸⁵. Interrogada sobre a possibilidade de nos debruçarmos sobre mais uma turma – da mesma escola, para tornar a análise etnográfica viável, e eventualmente de um ano lectivo diferente –, a professora Tânia sugere-nos que acompanhemos também o professor Gonçalo: *«Ele é ótimo [professor]. As aulas dele são muito boas e tem uma relação ótima com os miúdos! Somos amigos; vou falar com ele. Tenho a certeza de que ele não se vai importar. Se não, vemos outras opções. Mas ele era fantástico! Aliás, ele está a chegar, porque vai dar agora uma aula a um 10º ano. A uns miúdos muito queridos, que foram meus [alunos] no ano passado [9.º ano]. E [alunos] dele no 8.º [ano].»* O professor Gonçalo chega pouco depois e, em poucos minutos (o tempo das apresentações, explicação breve sobre os objectivos da pesquisa e conferência de compatibilidade de horários entre as duas turmas), anui em que assistamos às suas aulas. A nossa escolha viria a recair justamente sobre essa turma. Uma turma do 10.º ano de escolaridade na disciplina de Geologia/Biologia²⁸⁶, porque tínhamos acesso ao ensino da ciência no início e no fim do ensino secundário, e também porque de um ponto de vista pragmático os horários das

²⁸⁵ Do ensino pré-universitário, bem entendido; que constitui o nosso universo de análise, como oportunamente mencionado.

²⁸⁶ O ano lectivo está dividido entre as duas áreas disciplinares. Uma primeira parte sobre Geologia (1.º período e algumas poucas aulas do 2.º período), e depois sobre Biologia, no restante ano lectivo.

aulas de ambos os professores nestas duas turmas eram os que nos permitiam assistir sem sobreposições a todas elas. Estavam assim encontrados os nossos dois estudos de caso.

Durante um ano lectivo²⁸⁷ acompanhámos, assim, estes dois professores em todas as suas actividades lectivas com uma das suas turmas. Assistimos às aulas, estivemos em reuniões do seu grupo disciplinar, estivemos nos recreios – com os alunos e com os auxiliares de acção educativa (e por vezes com os professores também) –, acompanhámo-los nas suas actividades fora da escola (visitámos museus, exposições, instituições de ensino superior, ETAR...), assistimos à preparação das aulas (algumas a partir de casa dos próprios professores), ouvimos relatos, confidências, desabafos...²⁸⁸ Presenciámos, pela partilha da sua vivência quotidiana, a ciência que se ensina e aprende na escola. Se já se sentem tão ansiosos por saber detalhes, quanto nós por contá-los, é do que vivemos e observámos que justamente agora damos conta.

Um pouco sobre locais e protagonistas...

A escola onde seguimos estes professores e alunos insere-se num concelho da área metropolitana de Lisboa caracterizado por uma baixa densidade populacional – mesmo nas zonas urbanas, apesar do forte crescimento populacional registado na última década em virtude da elevada procura do concelho para residência permanente (pela qualidade de vida que proporciona e pelo acesso mais facilitado, nomeadamente à capital do país, que as recentes infra-estruturas rodoviárias têm possibilitado).

Em termos de habilitações literárias, os habitantes do concelho apresentam, em média, uma percentagem semelhante à média nacional quando observada a categoria

²⁸⁷ Começámos a nossa observação participante de forma mais sistemática a 13 de Outubro, porque previamente foi necessário obter autorização para assistir às aulas, e a presidente do conselho executivo da escola estava, assim como os professores, compreensivelmente muito concentrada no arranque do ano lectivo. Acresce ainda o facto de a professora Tânia, assim como a maioria dos professores que seguíramos de perto no ano lectivo anterior, não pertencerem aos quadros das escolas, e de termos, portanto, de aguardar pela sua colocação, nas mesmas ou em escolas diferentes, para saber da possibilidade de os acompanharmos novamente.

²⁸⁸ Do ponto de vista metodológico operacional, conversámos com intervenientes considerados informantes privilegiados e com um papel revelador importante para a nossa pesquisa, com quem nos fomos cruzando ao longo desse período no terreno. Desde os professores das turmas acompanhadas, a outros professores – da mesma e de outras escolas –, passando por outros profissionais de educação (auxiliares da acção educativa, presidente de conselho executivo da escola), ou ainda autarcas, professores e investigadores de estabelecimentos de ensino superior, actores sociais ligados a museus e exposições sobre ciência, entre outros.

“*não completou qualquer ciclo de ensino*”. Mas uma percentagem mais elevada que a média nacional no que diz respeito aos níveis “*ensino secundário*” e “*ensino superior*”. Realidade que se explica, por um lado, com uma população mais idosa, natural e residente num concelho até há bem pouco tempo eminentemente rural, e, por outro, ao aumento da escolarização que genericamente o país tem vindo a apresentar mas também, neste caso, às novas gerações de moradores, que ali fixaram residência nos últimos anos serem, em muitos casos, pessoas com elevadas qualificações académicas e que exercem profissões liberais (que já exerciam e mantêm, maioritariamente, na capital). A actividade económica do concelho tem vindo a perder peso nos sectores primário e secundário mas a ganhá-lo no sector terciário, sobretudo com serviços ligados ao turismo da zona. A percentagem de população jovem do concelho (considera-se o intervalo etário abaixo dos 24 anos) é também superior à da média nacional, mercê justamente da procura de que o concelho tem tido por parte de jovens casais (já com filhos ou que entretanto os tiveram), sobretudo desde os primeiros anos deste novo século²⁸⁹.

A escola tem cerca de mil alunos, dado concentrar a maioria dos alunos do concelho a frequentar este nível de ensino, distribuídos pelos três anos lectivos, pelos períodos diurno e nocturno e por toda a oferta educativa e formativa (incluindo a formação de adultos). Ainda assim, num primeiro impacto²⁹⁰, pareceu-nos uma escola *pequena*, não pela sua dimensão física (idêntica à de tantas outras) mas justamente pelo seu *ambiente familiar e acolhedor*, em que todos parecem conhecer-se. Percebemos, com o passar do tempo que, efectivamente, boa parte dos alunos são colegas de turma, vizinhos e e/ou amigos há vários anos, ou unem-os laços de sangue. E até os que se mudaram recentemente para o concelho parecem integrados²⁹¹. Sendo o clima

²⁸⁹ Estas informações baseiam-se em dados estatísticos do Instituto Nacional de Estatística (INE), relatórios do município local e estudos sociológicos sobre o concelho.

²⁹⁰ Impressão que a estadia prolongada no terreno, não viria a contrariar.

²⁹¹ Embora tenhamos observado, necessariamente com maior acuidade nas turmas que acompanhámos, traços sociais distintivos entre os alunos naturais do concelho e os recém-chegados. Os primeiros, tendencialmente mais calorosos e menos cosmopolitas. Ainda assim, não constatámos divisões muito marcadas nos relacionamentos interpessoais, nomeadamente nas interações no recreio ou na sala de aula. Para essa integração facilitada entre grupos de jovens com estilos de vida provavelmente distintos, julgamos (baseados nos relatos de uns e outros), muito têm contribuído as práticas de lazer comuns a todos, ligadas essencialmente a actividades marítimas. Esta era, todavia, uma matéria que, apesar do seu indiscutível valor sociológico, não correspondia ao centro das nossas atenções investigativas, pelo que não nos detivemos sobre ela com o detalhe que mereceria sob outra perspectiva analítica – de que seria eventualmente o caso dos estudos sobre culturas juvenis. Mas que, em todo o caso, nos importava sob o ângulo do desafio adicional que poderia representar para os professores que procuram aproximar o seu ensino dos interesses, das experiências de vida e dos contextos culturais dos seus alunos. Como sabíamos, de antemão, ser o caso da professora Tânia, mas que a este propósito nos diz não notar diferenças

dominante na escola pautado por aparente tranquilidade – mesmo durante os intervalos, em que apesar dos barulhos *típicos e encantadores* da juventude, impera um ambiente de descontração e brincadeira.

No estudo de caso do 10.º ano, a turma era constituída por 24 alunos, 12 rapazes e 12 raparigas, com idades compreendidas entre os 15 e os 16 anos de idade (havendo um aluno com 18 anos). O professor Gonçalo – 31 anos, solteiro e sem filhos, é natural do Norte do país e tem dado aulas sempre na área metropolitana de Lisboa, por opção pessoal. Licenciou-se em Biologia (ramo Ensino)²⁹², na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, e estava a redigir uma tese de mestrado (Mestrado em Ensino da Astronomia). Sobre a sua profissão, diz-nos: «*Gosto muito de ensinar. Não me vejo a fazer outra coisa! E de aprender! E olha que todos os dias aprendo com eles [alunos]!*»

No estudo de caso da turma do 12.º ano, a turma era composta por vinte e seis alunos, com idades entre os 17 e os 19 anos, sendo 13 do sexo masculino e 13 do sexo feminino²⁹³. A professora Tânia – 35 anos, casada e sem filhos, é natural de Lisboa e também sempre deu aulas na área metropolitana de Lisboa. Tirou a licenciatura em Biologia (ramo de ensino) na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, e frequentou um mestrado na mesma faculdade, do qual desistiu na parte curricular por ser «*uma repetição do que já tinha dado na licenciatura. (...) Mas já descobri um outro [mestrado], em Geologia. Gosto muito de Geologia! É noutra faculdade, falaram-me muito bem desse mestrado e inscrevi-me, mas não abriu por falta de alunos. E, portanto, ainda não foi este ano...*». A propósito da sua formação inicial e da sua profissão diz-nos: «*A minha licenciatura de base é Biologia, só que depois chegas ao terceiro ano e escolhes o ramo. Agora acho que já não é assim. Havia Ensino, Genética... No ano em que eu me candidatei para Genética foi no ano em que abriu para Ensino. Havia Biologia Animal, Recursos Marinhos, Recursos Terrestres... Uma série de ramos. E eu fui influenciada por uma professora minha, porque gostava muito de genética... (...) Eu sempre quis ser professora, e desde pequenininha que brincava muito às professoras... Só que depois uma pessoa... Foram-me postas à volta coisas que sempre me aliciaram, percebes? (...) Fui para ciências porque a minha paixão*

substanciais entre os que são naturais da zona e os que não são, considerando-os mais ou menos no mesmo patamar de conhecimento [até porque neste caso, numa turma de 12.º ano mesmo os alunos que não são naturais do concelho já são residentes e estudantes no mesmo há alguns anos] e que há temas de interesse comuns, ligados à idade e a gostos pessoais que são transversais a todos. [...] E por vezes até se consegue tirar partido de experiências diferentes.»

²⁹² Licenciatura pré-Bolonha.

²⁹³ Um aluno anulou a matrícula, porque a nota não servia os seus interesses académicos futuros. Entretanto, um aluno da turma de Geologia do 12.º ano da professora Tânia que, não estando inscrito em Biologia, mas tencionava fazer exame nacional da disciplina, começa a assistir, no 3.º período, a algumas aulas para estar melhor preparado.

sempre foi o NATURAL!, os animais, as plantas... Para os meus pais é uma frustração eu não ter ido para Medicina, porque, pronto, tinha uma boa média para entrar para Medicina e recusei-me a ir porque... [Recusei] sequer a candidatar-me porque sabia que não era curso para mim. (...) Segui Genética, e depois entretanto decidi que... Não gostei... Não podia viver fechada num laboratório a minha vida inteira, portanto... Não era capaz. E então depois voltei para trás e segui a vertente de ensino. (...) Faltavam-me cinco cadeiras [para terminar o curso de Biologia no ramo Genética]; cheguei até ao quarto ano, e faltava-me o estágio, mas eu também já não tinha interesse em fazer, porque não era isso que eu queria, portanto, voltei para trás. E fiz então o [ramo] Ensino, fiz a vertente de ensino, e adorei! (...) Ensinar é existir perante o outro. E isso dá-te uma grande responsabilidade, porque te obriga a rever permanentemente tudo aquilo que és. E isso está muito para além da transmissão da matéria aos alunos. (...) Motivar os outros está muito relacionado com a nossa própria motivação.»

De professor a colega. O nosso papel na escola

Ultrapassadas as dificuldades de natureza burocrática²⁹⁴, e identificados os estudos de caso, estávamos finalmente em condições de *regressar à escola*.

O nosso papel enquanto investigadores a entrar num *mundo que não é nosso* era agora, mais do que nunca, alvo de reflexão pessoal. Como acontece (desejavelmente) ao longo de toda a pesquisa, mas com particular ênfase nos momentos de trabalho de campo (e, mais ainda, ante uma prática de observação de cariz etnometodológico, porquanto implica a *invasão* da vida dos actores sociais e dos seus espaços).

A forma como nos apresentamos e relacionamos fazia, portanto, parte das nossas preocupações sobre o método investigativo por que conscientemente optáramos, reflectida num duplo plano: metodológico e deontológico. Por um lado, importava-nos alcançar um nível de conhecimento da *realidade* só possível através de uma observação presencial prolongada, e, por outro, importava não interferir na vida quotidiana da

²⁹⁴ No nosso caso eram constrangimentos importantes: i) a colocação dos professores com quem tínhamos uma relação privilegiada numa zona geograficamente favorável, que nos permitisse acompanhá-los no seu quotidiano lectivo; e ii) receber parecer favorável de quem tem o poder formal para decidir sobre a nossa presença na escola. Mas estes constrangimentos acabaram por ser ultrapassados com grau de facilidade que não esperávamos: a professora Tânia foi colocada numa escola do mesmo agrupamento onde a conhecêramos no ano anterior e o acesso à escola nos moldes desejados foi bem acolhido pela presidente do conselho executivo. Apesar de toda a boa-vontade que encontrámos, sempre! – sejamos justos – em todas as escolas onde nos haviam recebido no passado, temíamos que a nossa pesquisa fosse agora considerada demasiado *intromissiva* e, portanto, nos fosse negado tal acesso à escola, aos professores e aos alunos.

escola e dos seus actores sociais (no sentido de interferir o mínimo possível no seu comportamento *real*, e também de não causar constrangimentos ao normal funcionamento do ano lectivo de professores, alunos e demais agentes educativos).

Este é um aspecto particular do nosso trabalho que encaramos, também, sempre com a máxima seriedade. Alguns anos de experiência não nos trazem qualquer sentimento de *garantia de sucesso* de mais uma experiência observacional, que em investigação (em Sociologia como em qualquer área do conhecimento) só por ingenuidade seria pensável²⁹⁵. Um papel assinado concedia-nos a autorização formal para termos acesso às pessoas e para permanecermos nos espaços da escola (e, concretamente, nas salas de aulas daquelas turmas, nas suas visitas de estudo, nas salas de professores, no espaço exterior da escola, na biblioteca, na cantina...), mas ‘*apenas*’ isso. ‘*Como irão os alunos reagir?*’ ‘*Em que medida a nossa presença condicionará a forma como os professores dão as suas aulas e a sua relação com os alunos?*’ ‘*Como poderá a nossa presença ser minimizada como factor de perturbação da realidade a observar?*’ A par de toda a revisão metodológica sobre o assunto que nos pudesse auxiliar, a resposta (pelo menos parcial) a estas questões viríamos a encontrá-la, julgamos, no factor *tempo* – deste ponto de vista, uma enorme vantagem da análise etnográfica.

No dia 13 de Outubro dá-se, finalmente, o nosso *regresso às aulas*. Estávamos tão curiosos por conhecer quanto expectantes em relação à reacção à nossa presença.

²⁹⁵ Porventura, os mais genuinamente empenhados e ansiosos por conhecer os enredos e a complexidade do social, pelo contrário, revêem humildemente a cada nova pesquisa os seus erros de percurso e as oportunidades desperdiçadas, buscando uma atitude de profundo esmero mas sempre cientes de que outros erros os esperam. Nós, por exemplo, jamais esqueceremos que um dos melhores relatos – pelo conteúdo e pela emoção transmitidos (uma lição de vida, ousamos dizê-lo!) –, entre dezenas de excelentes testemunhos recolhidos, que nos foi feito no âmbito da investigação para a dissertação de licenciatura, há alguns anos portanto, acidentalmente não foi gravado, como prevíamos, sem que disso déssemos conta senão no final da entrevista, por falha nossa a accionar correctamente o equipamento de registo. Retivemos muito dessa conversa, é certo, pela atenção com que ouvimos sempre os nossos interlocutores (e, por maioria de razões, também esse), mas a memória humana retém necessariamente muito menos que o desejável nestas circunstâncias. E o momento, naturalmente, era irrepetível... Tinha razão a nossa querida orientadora – Professora Doutora Maria Teresa Serôdio Rosa –, ao dizer-nos ante a nossa angústia, e de forma pedagógica e compreensiva como seu apanágio, algo como: «*Pelo que vejo, isto é um acontecimento de que nunca te esquecerás, mas que te será mais proveitoso do que julgas, porque te irá levar a ser sempre modesta e, por essa via, uma boa socióloga! Acho até que já está a dar frutos, pela honestidade e humildade pessoal e científica com que me contas este episódio*». Não nos pronunciamos, naturalmente, sobre considerações de mérito profissional, mas atrevemo-nos a classificar como sábias estas palavras quanto à sua mensagem de fundo. Curiosamente, não tendo escrito uma palavra sobre o assunto na altura (e não sabendo porque o fazemos agora, ou sequer certos do seu sentido de oportunidade), sentimos necessidade de fazê-lo aqui e agora. Talvez seja essa a nossa forma inconsciente de demonstrar carinho e respeito profundos por uma das grandes professoras da nossa vida (felizmente, uma entre tantos e tão bons exemplos de docência com que temos tido o privilégio de nos cruzar e aprender ao longo da vida).

Fomos muito bem recebidos por todos os professores a quem fomos apresentados pela professora Tânia, apesar de algum desconforto da nossa parte (julgamos que atribuível à nossa natureza introvertida e também, como expectável por parte de quem não consegue deixar de, apesar de todo o calor humano com que é recebido, ter sentimentos de *não pertença* e alguma expectativa face ao decurso do trabalho). Esse é um sentimento que, independentemente de toda a confiança e laços que criámos ao longo do tempo, não deixámos de sentir, ocasionalmente (embora de forma menos angustiada), ao longo do trabalho de campo, talvez num alerta subconsciente do nosso papel como investigador.

Quando entrámos pela primeira vez nas salas de aulas, as duas turmas revelaram comportamentos distintos em relação à nossa presença, que viriam a manter-se ao longo de toda a sua relação connosco, apesar de o tempo ter permitido maior proximidade e cumplicidade com todos eles, como se compreenderá.

A turma do 10º ano recebeu-nos na sua sala de aula de Geologia e Biologia²⁹⁶, com sentimentos de grande surpresa e curiosidade: «*Eh lá, o professor vai ser avaliado?!... Vai ser despedido! (...) Ele ou nós!* [risos]. O professor explica: «*Hoje temos uma convidada especial. Vai acompanhar-nos a partir de hoje, porque está a fazer um trabalho sobre ensino da ciência*». Na aula seguinte, quando aparecemos na sala, como previsto e anunciado pelo professor mas que entretanto porventura esqueceram, reagem à nossa presença, em tom de brincadeira: «*Outra vez? Isto começa a ser perseguição!* [risos]. E, ao fim de algumas aulas, começamos a ouvir: «*Então até amanhã, colega!* [risos]» e «*Eh pá, és mesmo parvo, então falas assim com a setora?!?*».

Na turma do 12.º ano, cujas aulas decorrem no primeiro piso, numa sala de aulas convencional, a professora explica quem somos e que vamos estar presentes nas aulas por causa de estudo que estamos a realizar; e a reacção é não de surpresa mas até de alguma indiferença. Num caso como noutro, optámos por nos sentar no fundo da sala e as aulas parecem ter decorrido com a normalidade habitual. Embora com tempo, fôssemos sendo convidados por este ou por aquele aluno/a para nos sentarmos ao pé dele/a (às vezes com vários convites simultâneos e disputas nem sempre fáceis de gerir, para manter uma posição neutra, mas sempre resolvidas com bom humor e diplomacia por todos). Com o tempo estreitámos laços com os alunos de ambas as turmas, embora

²⁹⁶ Uma sala no piso térreo, ampla, soalheira, com muitas plantas bem cuidadas, um aquário com peixes, ilustrações alusivas à ciência nas paredes, vários equipamentos de investigação, entre os quais vários microscópios e um modelo anatómico feminino – que, com grande sentido de humor, é conhecido por professor e alunos da turma como a ‘*a namorada do Marco*’ (alcunha que surgiu quando o aluno se voluntariou para ir buscá-lo e levá-lo ao professor para mais uma explicação e a ele se referiu desse modo, provocando o riso de todos).

tenhamos encontrado sempre mais resistência nos alunos do 12.º ano (curiosamente, pensamos que para os mais novos nos tornámos uma figura genericamente mais próxima de um *colega* e para os mais velhos mais uma figura de autoridade próxima da de uma professora, apesar de uns e outros terem abandonado esse tratamento pessoal há muito – e quando algum insistia em ‘setora’, os outros diziam quase em coro, ‘*não é setora, é só Eugénia*’), à excepção de um ou outro aluno mais expansivo e interessado em interagir connosco.

Inicialmente, a nossa presença causou mais surpresa, compreensivelmente, pelo seu *objectivo*. A presença diária de uma pessoa adulta a observar as suas aulas – ainda por cima uma ‘*socióloga? O que é isso?*’ –, era uma ideia que causava estranheza aos alunos, pouco familiarizados com esta área de investigação²⁹⁷. Uma questão que para eles se colocava, desde logo, quando se aperceberam da nossa presença constante, era como se nos dirigir; fizemos questão de que não nos tratassem por *setora* (tendo esse sido o primeiro impulso que observámos da sua parte), mas sim simplesmente por Eugénia. (‘*Ah e tal, não é setora... Aluna também não é, vem às aulas, tira ‘montes’ de apontamentos, mas não faz os testes!...Assim também eu queria* [risada geral na sala, perante mais um comentário bem-humorado relativamente à nossa presença, neste caso por ocasião de um teste de avaliação da turma do 10.º ano, a que eu e o professor não resistimos e nos juntámos, operando até como descompressão dado o nervosismo dos alunos por estarem prestes a realizar mais um momento de avaliação]).

Rapidamente, a nossa presença começou a ser *ignorada* como *factor de distração* ou *centro das atenções*. Passando ao invés a ser notada no sentido inverso, ou seja, quando lá não estávamos. «*Porque é que ontem a Eugénia não veio à aula? Ai, ai, assim tem falta!* [dizem-nos, em tom de brincadeira, alguns alunos do 10.º ano, após uma ausência por doença] *E trouxe atestado [médico]?* [risos] «*Mas já está melhor?*», pergunta o professor, que ocasionalmente nos convoca a participar na aula, de forma descontraída «*Sabes, Eugénia?*» «*Fizeste os TPC, Eugénia?*»

Ainda que a relativa indefinição do nosso estatuto tivesse sido notória em diferentes momentos longo de todo o trabalho de campo. Em diversas ocasiões, em contexto de sala de aula, houve momentos em que fomos confrontados com um *estatuto de conveniência*, numa lógica de servir interesses de situações específicas. Nos dois

²⁹⁷ Apesar de a escola ter protocolos de colaboração com algumas instituições de ensino superior e centros de investigação, e os alunos serem convocados a participar com alguma regularidade em estudos, nomeadamente sociológicos, ainda que sobretudo através de respostas a inquéritos por questionário. Daí porventura o aparente menor grau de surpresa por parte dos alunos da turma do 12.º ano face aos do 10.º ano.

únicos casos (um em cada uma das turmas), em que o/a professor/a, por motivos de força maior, tiveram de se ausentar por breves instantes da sala de aula («a Eugénia fica um bocadinho convosco»), mas lhes confiou uma dada tarefa para desenvolverem, o nosso papel oscilou entre a condição dúbia de *setora* ou *colega*, numa ambivalência para se sentirem à vontade para fazer barulho e trocar impressões que não trocariam na presença da professora, ou permanecerem como se estivessem na presença do (de um) professor. A nossa posição não era, nessas circunstâncias, a mais confortável pelo foco que sobre nós recaía e que tentávamos desviar a todo o custo. E dava claros indícios de não saberem como se colocar perante nós no contexto da sala de aula («é colega e fazemos barulho e copiamos» ou «temos respeito como se fosse uma professora»)²⁹⁸. Ou quando éramos interpelados no sentido de sermos *infiltrados* («Se a Eugénia conseguisse saber as perguntas que saem no teste...»)²⁹⁹, ou *aliados*, assumindo-nos como uma autoridade na matéria leccionada, recusando-se aceitar que, tal como eles, ouvia muita daquela matéria pela primeira vez: «Ah, não sabe! Sabe tudo! A Eugénia sabe isto tudo, diga-me lá qual é a resposta a esta questão. Vá lá!...[aluno do 10.º ano, no decurso de um teste de avaliação]».

Julgamos que este carácter relativamente indefinido do nosso papel perante os alunos não tenha operado, ainda assim, em *desfavor* da nossa relação com eles, até pelo papel de *amiga e confidente* que alguns deles acabaram por ver em nós. Certo dia, a Júlia, uma aluna da turma do 10.º ano com bastante potencial²⁹⁹, mas com fraco aproveitamento escolar e muito desmotivada para melhorar o seu rendimento escolar³⁰⁰, antes do início da aula pergunta-nos «Fico bem sem óculos? É que hoje pintei os olhos. Eu dantes era maria-rapaz [A Júlia considera-se feia e como no outro dia lhe disseram que tem uns olhos bonitos, naquele dia resolve deixar os óculos e casa, para poder mostrar os olhos]». Noutras ocasiões, a mesma aluna confia-nos, num misto de entusiasmo e tristeza que «neste fim-de-semana vou sair com a minha mãe. Há um mês que não a vejo... Nunca me vem buscar para nada... [a aluna vive com o pai – músico profissional, algo ausente, tanto

²⁹⁸ Ainda que os alunos soubessem que não tínhamos ali, na verdade, nenhum dos dois estatutos, não sabiam exactamente como comportar-se perante nós naquela situação, em que a nossa presença discreta se tornava mais notada dado o nosso estatuto *especial*.

²⁹⁹ Que nos é dado observar porque se senta frequentemente perto de nós ou até na mesma mesa, sempre por opção, e que não raras vezes vemos acertar nas respostas às questões do professor quando se concentra na aula, nas muitas vezes em que o professor Gonçalo, ao longo do ano lectivo, a incentivou a responder e a melhorar as notas. A propósito, observámos que, quanto menor o rendimento do aluno, mais este professor tende a estimulá-lo para melhorar, numa lógica de *não deixar ninguém para trás*. Mas esse é um aspecto que retomaremos adiante.

³⁰⁰ Ainda que em tom de desabafo nos diga que «gostava de ser veterinária [porque gosta muito de animais] mas não sei qual é a média...É muito alta, não é?»

quanto conseguimos perceber – e com a madrastra, com quem tem uma relação conturbada³⁰¹], ou que «o meu pai arranhou-me uma audição para os Morangos com Açúcar, mas eu não estudei e portanto nem fui fazê-la... E ele ficou todo chateado, porque lhe custou arranjar aquela audição [não verbaliza muito mas demonstra que não se terá preparado para a audição por falta de confiança em si própria] ‘Já viu as miúdas dos Morangos?’ [querendo insinuar que não é bonita como elas e que nunca teria hipótese de ser seleccionada para o elenco dessa série televisiva juvenil]» .

Numa outra ocasião, somos confrontados com um alegado papel que, a confirmar-se, tem tanto de surpreendente como de honroso. Numa aula de entrega de testes de avaliação da turma do 10.º ano, o professor está visivelmente feliz com as notas dos alunos³⁰², embora os incentive permanentemente a melhorar, sobretudo os que têm notas menos boas. Numa atitude desejável por parte dos professores, de motivação e elogio sincero aos seus alunos (Estanqueiro, 2010), o professor Gonçalo tece um elogio público às notas dos alunos e destaca o nome de duas alunas por terem apresentado ambas melhorias significativas na classificação nos testes de avaliação. As alunas, – Júlia e Ana³⁰³, muito amigas – são duas do conjunto de três alunas (a par da Olga) e um aluno (o Pedro, o aluno maior de idade) com menor aproveitamento na disciplina (resultante de negativas altas ou positivas baixas nos testes de avaliação sumativa e de algum desinteresse pelos trabalhos de casa, aos quais o professor dá particular importância). Mas fá-lo, de modo inesperado, com uma referência à nossa presença e convívio com elas³⁰⁴: «Fiquei muito contente com as notas das meninas Júlia e Ana. Muito bem! Mas acho que também tenho de agradecer à Eugénia, que as ajuda e motiva; é uma influência muito positiva.» Perante a nossa recusa total em qualquer mérito nesses

³⁰¹ Este papel de *confidente* emociona-nos, porque nos permite perceber a fragilidade emocional e as carências afectivas da Júlia, as quais poderão, porventura, também justificar parte da sua rebeldia e desinteresse pela escola e conseqüente insucesso escolar. «Faça bem ou faça mal, chego a casa e tenho sempre de ouvi-la [refere-se à madrastra]... Deixe o pijama no chão, a almofada fora do sítio... [...] E acha que ela liga alguma coisa a isto [refere-se ao teste de Biologia, em que subiu consideravelmente a nota – de negativa alta para 15 valores]?! Diz logo que não faço mais que a minha obrigação! Há pessoas que tiram doze e os pais batem palmas! Mas eu... A minha mãe... nem me telefona... Quando eles se separaram eu fiquei com o meu pai, mas ele é músico e anda sempre fora... E a minha mãe só me vem buscar às vezes...» (Júlia, 15 anos, aluna da turma de Geologia/Biologia do 10.º ano).

³⁰² Felicidade que, obviamente, partilhávamos.

³⁰³ Dois anos antes, a Ana sofrera um acidente grave do qual resultou um traumatismo craniano. Um ano depois, sofreu um novo acidente, que piorou a sua condição clínica e lhe deixou sequelas neurológicas permanentes, medicamente atestadas, que a impedem de levar uma vida escolar completamente normal, dado que não pode estudar mais de horas por dia. Sofre de enxaquecas frequentes, que por vezes obrigam a internamento hospitalar (de curta duração mas frequente), com o decorrente absentismo e impacto no seu rendimento escolar.

³⁰⁴ O professor já havia falado connosco antes da aula sobre os resultados dos testes, partilhando a felicidade de os alunos globalmente terem subido as notas e de não haver negativas, sem qualquer referência à nossa presença, que nos pareceria tão inusitada em privado como perante a turma.

resultados obtidos pelas duas alunas, estas acenam em concordância com o professor, e a Ana, que está sentada ao meu lado, afirma «*É verdade! Ah, a Eugénia ajuda-nos muito, diz-nos que somos capazes!*»³⁰⁵ Partilhamos, todavia, a ideia de que o mérito de quaisquer melhorias, e concretamente das conquistas pessoais dos alunos em termos da melhoria do seu rendimento escolar, coloca com frequência a tónica em factores externos – como políticas educativas, o trabalho dos professores, das famílias, da comunidade – mas raramente faz o reconhecimento do esforço e mérito dos próprios alunos (Sampaio, 2011). Como observadores-participantes do nosso sistema de ensino básico e secundário, juntamo-nos, pois, aos que se congratulam sempre que em presença de melhorias no ensino mas salientamos a necessidade de relembrar, também, o papel esforçado e dedicado de muitos alunos, numa tarefa nem sempre fácil: aprender.

Apercebendo-nos de que o nosso papel, melhor ou pior definido perante os alunos, não influenciava grandemente a dinâmica das aulas e do inter-relacionamento entre professor e alunos, ou entre alunos, e porque rapidamente a nossa presença começou a ser alvo de grande receptividade, expressa em frases como: «*Ah, seja o que for, gostamos de a ter cá connosco!*», para que não se sentissem *observados*, optámos por falar explicitamente do nosso trabalho apenas quando interrogados. Ao longo do ano, fomos esporadicamente questionados sobre a evolução do trabalho, mas de forma bastante genérica – «*Então, como é que vai o seu trabalho? Está a aprender alguma coisa sobre aquilo que quer saber?*», perguntam-nos alguns alunos. Registámos apenas os casos de dois alunos da turma do 10.º ano que quiseram falar mais detalhadamente sobre o assunto. O da Cláudia, uma jovem tímida mas muito simpática, que sensivelmente a meio do ano lectivo nos pergunta: «*Mas afinal o que é que a Eugénia anda a estudar? (...)* *Ah, percebi! E é connosco que vai perceber isso? UAU!* [responde-nos entre risos, orgulhosa de poder ajudar-nos]». E o Marco, que muitas vezes mete conversa connosco e se senta ao pé de nós nas aulas, e que certo dia nos pergunta, no seu tom frontal: «*Mas conte-me lá afinal o que tanto escreve e o que anda aqui a fazer*». O Marco é um aluno extrovertido, que quando se aplica obtém das classificações mais elevadas da turma, mas que frequentemente não estuda ou sequer faz os trabalhos de casa, sendo por isso

³⁰⁵ Este é um episódio algo insólito que obviamente partilhamos aqui apenas no sentido de salientar que nem sempre nos apercebemos, nós próprios, dos efeitos que estamos a causar com a nossa presença. E também, numa perspectiva mais *afectiva*, diríamos, de evidenciar a importância da motivação dos alunos e a relativa facilidade com que por vezes é possível motivá-los a obter bons resultados – um aluno, um filho, um jovem do qual pouco ou nada se sabe, por vezes, só precisa que se acredite genuinamente nas suas capacidades. E essa atitude, se sincera, pode condicionar o seu sucesso escolar e, eventualmente, parte da sua realização pessoal. Mas esta é uma questão que, necessariamente, devemos deixar para análise de especialistas na matéria, que não é, de todo, o nosso caso.

bastante inconstante nas notas, embora consiga ter sempre classificação positiva nos testes de avaliação³⁰⁶. Na turma do 12.º ano, o Luís um dia também nos diz que «*Gostaria de saber pormenores sobre a investigação (...) Que interessante! (...) Eu gostava de seguir qualquer coisa ligada ao Ambiente*».

8.2 O ensino-aprendizagem da ciência: factos e feitos.

Análise de estudos de caso

Como em qualquer escola, e em qualquer turma, as relações e as interacções entre quem ensina e quem aprende são fruto das idiossincrasias dos actores e dos seus contextos sociais, além do que possa estar regulamentado e institucionalmente definido (Dias, 2007; Estanqueiro, 2010). Almejando compreender os processos institucionais de educação científica – das aprendizagens formais, não formais e informais, das redes sociais, da didáctica das ciências subjacente, dos processos de comunicação, tradução de linguagens e de negociação das interacções, observámos o quotidiano das actividades lectivas de duas turmas – os protagonistas, os momentos, os espaços, as relações e os processos (quem, quando, onde, como)³⁰⁷.

Procuramos agora dar conta dos principais resultados desse quotidiano de ensino da ciência na (e a partir da) escola, focando-nos em algumas dimensões de análise que, longe de esgotar todos os ângulos analíticos possíveis, procuram todavia reflectir o que de mais importante nos foi dado observar. Tomando como ponto de partida a ideia do

³⁰⁶ «*O Marco é um daqueles casos em que há um potencial tremendo, pá! É um puto porreiro. Se ele se aplicasse era tão bom com o Raúl [o ‘melhor’ aluno da turma, delegado de turma, responsável e aplicado, que tem notas de pauta acima de dezoito a todas as disciplinas, sendo particularmente bem sucedido a Matemática] O problema dele é que... não estuda... E, mesmo assim, vê as notas... É pena. Podia ser um aluno brilhante! Aliás, se estudarem, todos podem. Porque acima de tudo é uma questão de trabalho, como tu sabes, como eu sei... Embora uns tenham mais facilidade que outros, é o caso do Marco.*» (Professor Gonçalves, turma 10.º ano). Como estímulo, uma vez o professor apostou com o aluno em frente à turma que não conseguia tirar mais de 18 valores no teste que se aproximava. O Marco ganhou a aposta, conseguindo uma classificação de 18, 6 valores. «*Então, ganhei ou não ganhei?*», diz-nos o Marco. Já dias antes do teste, a meio de uma aula nos tinha confidenciado convictamente: «*Eu vou ganhar a aposta. Vai ver!*».

³⁰⁷ No trabalho de campo realizado neste ano lectivo, interessavam-nos todas as vivências quotidianas do ensino-aprendizagem da ciência na (e a partir da) escola – indistintamente do seu carácter experimentalista (sem prejuízo da sua importância, como demonstrado na análise e discussão dos casos anteriores). Tal como defendido por Almeida e Pinto (1990), as respostas que obtemos e as observações que fazemos têm muito a ver com as perguntas que colocamos e com a perspectiva com que olhamos para os fenómenos sociais. E, como viria a confirmar-se, se tivéssemos balizado à partida a análise, ter-nos-iam por certo escapado muitas observações que se revelaram decisivas para uma melhor compreensão dos meandros da educação científica de crianças e jovens.

ensino-aprendizagem da ciência como processo crescentemente dinâmico e complexo, detemo-nos sobre o modo esse ensino é, na sua prática contextualizada diária, desenvolvida pelos seus protagonistas. Focando aspectos como as estratégias pedagógicas, clima da sala de aula, planificação das aulas, a motivação e avaliação dos alunos, autoridade e controlo da indisciplina, tradução de linguagens, as relações da escola com o exterior, a função educativa das tecnologias de informação e comunicação ou o perfil, papel e formação dos professores.

O ensino-aprendizagem da Geologia e da Biologia tal qual se faz

Vimos atrás que a ciência que se ensina e aprende na escola transmite (desejavelmente) conceitos, factos, princípios, leis, teorias e modelos que regem a prática das comunidades científicas das sociedades contemporâneas. E também que para que os alunos possam adquirir conhecimentos sobre ciência e sobre o mundo, é imprescindível que estejam familiarizados com os procedimentos da actividade científica, com os modos de interrogação e explicação da ciência e com as regras de validação do conhecimento científico. Devendo, neste sentido, os estudantes distinguir e compreender o que é a ciência (e o que não é), os seus alcances e limites e o seu contributo para o desenvolvimento económico, social e cultural das sociedades em que vivemos. Da educação científica deve igualmente fazer parte a relação entre ciência, tecnologia e sociedade, a qual remete para uma construção de conhecimentos associada a problemas de interesse para os alunos, e ao desenvolvimento de capacidades de tomada de decisões e de adopção de atitudes responsáveis e fundamentadas relativamente ao desenvolvimento científico e técnico e às suas consequências (Ziman, 1980; Vieira *et al.*, 2011; Solomon e Aikenhead, 1994; Solomon, 1995; Aikenhead, 1994a, 1994b). Sendo um dos seus objectivos permitir que se alcancem elevados níveis de literacia científica (Carvalho, 2009; AAAS, 1990a, 1990b), a qual remete para a compreensão da natureza da ciência e para capacidades de sobre ela tomar decisões que têm implicações pessoais, profissionais e sociais. Assim, promover a educação científica deve fazer parte de uma reforma sistémica da educação do século XXI (Delors, 2001; UNESCO, 2004, 2003).

Uma revisão sobre o ensino das disciplinas de Geologia e Biologia mostra-nos que este tem consistido, tradicionalmente, numa transmissão linear de conhecimentos de

professor a alunos, consubstanciado na apresentação das disciplinas como um repertório de factos, princípios e interacções lógicas, numa prática ainda não erradicada de muitas salas de aula (Costa, 2005). Mas o dinamismo que estas disciplinas apresentam nos nossos dias – que remete para algumas das questões mais importantes para futuro da humanidade³⁰⁸ – requer o uso de novas estratégias pedagógicas que facilitem a compreensão de matérias importantes e complexas e dotem os alunos de capacidades de resolução de problemas (Siguenza e Saéz, 1990). Sendo uma estratégia central do ensino da ciência o facto de se direccionar os conteúdos para questões verdadeiras que remetam para as experiências dos alunos (*National Research Council*, 1996).

A observação feita permitiu-nos constatar que, de facto, a prática do ensino da ciência passa, também nestes casos, em boa parte, pela transmissão de conhecimentos do professor aos alunos³⁰⁹. Todavia, encontrámos uma realidade de ensino-aprendizagem da Geologia e da Biologia pautada por importantes inovações pedagógicas, que situam as práticas de ambos os professores num plano distinto da *tradicional transmissão de conhecimentos* de professor a alunos, no que poderíamos considerar de um conjunto de boas-práticas que aliam *tradição e inovação* no ensino da ciência. E que passam, desde logo, por: um ensino que possibilitou aos alunos colocarem perguntas sempre que quiseram (Alsop e Hicks, 2012)³¹⁰ – pelas quais os professores demonstraram sempre interesse genuíno e aproveitaram oportunamente para promover e devolver o debate à turma sobre a matéria a que as questões de um dado

³⁰⁸ Tais como a engenharia genética ou questões ambientais (da extracção de recursos do subsolo terrestre e da sua utilização, decorrem alguns dos problemas de poluição mais graves do planeta, com implicações directas na vida na terra), que a revisão curricular de 1991 passou a incluir ou a explorar de forma mais premente. Para uma análise mais detalhada sobre os programas curriculares das disciplinas, v. Ministério da Educação, 2004c, 2001.

³⁰⁹ Consequência, sobretudo, da elevada pressão a que os docentes estão superiormente sujeitos para que ‘cumpram o programa’, subjacente a uma lógica de *leccionar toda a matéria prevista nos prazos previstos*, tendo em vista a realização dos exames nacionais (no 11.º e 12.º anos); particularmente notória no caso do 10.º ano, dada a extensão do renovado programa curricular de Geologia/Biologia. No final da aula do 1.º turno do dia 21 de Fevereiro, o professor confia-nos: «*Eh pá, e não consegui dar a fagocitose e a pinocitose. Estou mais ou menos a par dos colegas [na matéria], mas a Francisca e Maria têm mais experiência e começam a acelerar quando está a ficar... A Francisca está um pouco mais adiantada porque começou a dar a sismologia no primeiro período [de aulas]. Eu não quis começar para não ficar a meio, mas se calhar fiz mal; devia ter começado. Estou preocupado [diz, enquanto folheia o manual], porque tenho de dar a fotossíntese – que é muito complexo! e a quimiossíntese até à Páscoa. E depois, no 3.º terceiro período mais o sistema respiratório – muito difícil também. Equivalente [em grau de dificuldade] à fotossíntese – e mais o sistema nervoso... E depois se não dou isto... No próximo ano têm exame... (...) Mas também me custa chegar aqui e dizer ‘Meus amigos, isto é assim, com a fotossíntese, os electrões, etc. e tal’.*» Também este aspecto será alvo de análise posterior.

³¹⁰ Que, como discutido pelos autores, permite: i) evidenciar áreas de (in)compreensão sobre os fenómenos, que o professor pode, portanto, aproveitar com clara vantagem do processo educativo, para reforçar ou esclarecer; ii) revelar e reforçar o envolvimento afectivo dos alunos com os conteúdos; e iii) incitá-los a um processo de aprendizagem baseado também no questionamento (Alsop e Hicks, 2012).

aluno tendia a dar origem³¹¹; pela preocupação em direccionar os conteúdos para questões de interesse para os alunos relacionando-os com a sua vivência quotidiana (*National Research Council*, 1996). Transcrevem-se de seguida alguns excertos do nosso diário de campo que testemunham isso mesmo.

Numa aula de Biologia da turma do 10.º ano, registámos que o professor faz a introdução ao tema da aula – o estudo do impulso nervoso (não sem antes fazer a habitual revisão da matéria da aula anterior – neste dia reforçada pelo facto de irem ter teste de avaliação sumativa na segunda parte da aula e também pela preocupação acrescida de um aluno ter faltado na aula anterior por motivo de doença – «*Paulinho, não quero que isto seja Chinês para ti.*» O aluno agradece a atenção do professor)³¹² com a seguinte frase: «*O sistema nervoso é um dos sistemas que regula a homeostasia. Livro, página 200.*» Continua, com a habitual introdução aos temas com questões que remetem para situações reais e próximas dos alunos: «*Araújo, porque urinas?*» Após algumas considerações do aluno, e também de outros colegas que entretanto vão dando algumas achegas, e intervenções do professor – em que este procura cativar o interesse dos alunos para o tema e também averiguar o que os alunos sabem sobre o assunto, o professor prossegue: «*Homeostasia: manutenção no meio interno, das condições necessárias à vida. Regulada por sistema nervoso e coordenação hormonal. Querem um exemplo prático? Quando temos frio, começamos a tremer... para haver movimento. Temos um sistema nervoso autónomo e um sistema nervoso somático. O sistema nervoso autónomo, sobre o qual não temos controlo, faz-nos tremer. O sistema nervoso somático é controlável. Quando olhamos com um olhar apaixonado... Catarina [uma das poucas alunas que tem namorado, com o qual passa todos os intervalos], quando olhas para o teu namorado, o que é que sentes? [pergunta, com ar apaixonado, a sorrir. A aluna acha graça e ri-se também, o resto da turma acompanha-a. A Catarina sente dificuldade em explicar, mas identifica alguns ‘sintomas’ como a ‘respiração acelerada’ ou as ‘pernas a tremer’] E consegues controlar? [A aluna responde que não]. Então é o sistema nervoso somático ou o autónomo que está a...?» A aluna, e os colegas, rápida e facilmente, afirmam convictos, quase em coro, tratar-se do *sistema nervoso autónomo*, porque não conseguem controlar. E o professor retoma então o seu exemplo inicial, da temperatura corporal, falando também da sua correcta medição «*A mais exacta é... [aponta para os locais do corpo] na boca e no rabinho. Nas axilas não é**

³¹¹ Numa lógica de diálogo alargado à turma e não de monólogo.

³¹² Esta turma pauta-se pela assiduidade quer do docente (com uma única falta em todo o ano lectivo, da qual os alunos foram avisados com antecedência) quer dos alunos (com excepção para algumas faltas esporádicas, por motivos de doença, também devidamente justificadas).

bem essa; é um pouco mais [alta] dentro do organismo.» Entretanto, um aluno começa a apresentar algumas dúvidas sobre o processo de regulação da temperatura corporal («*Mas a homeostasia...?*») e o professor socorre-se de uma das estratégias mais frequente e bem sucedidas do ponto de vista de captar o interesse dos alunos – o desenho³¹³. Com evidente reforço do entendimento dos alunos sobre conteúdos que apresentam um considerável grau de dificuldade para os mesmos. Deixando por momentos a explicação da apresentação em *PowerPoint*, e enquanto desenha no quadro uma figura simples mas que ajuda à compreensão dos alunos (Figura 8.1), o professor volta a explicar («*(...) Entre 34° e 42°. Se variar acima ou abaixo disso, a homeostasia deixa de acontecer e o indivíduo morre.*») Ao longo da explicação, os alunos vão colocando perguntas, a que o professor vai respondendo: «*Quando estamos com medo, qual o sistema nervoso que está a actuar?*», «*E as erecções?*» O professor pergunta ao aluno: «*Tu consegues controlar as tuas erecções?* [O aluno responde que não] *Então, se foge ao teu controlo...*» Os alunos começam a rir-se ao lembrar-se de um episódio que aconteceu com o Nelson [um dos alunos da turma], e partilham com o professor que ele não conseguiu controlar uma erecção na praia no Verão passado. O aluno aborda o assunto com visível à-vontade e conta o sucedido, acrescentando que «*não teve culpa*». O professor reage também de forma bastante natural, explicando por que motivo tal aconteceu, relacionando o facto com a matéria que estão a dar. Pelo que nos foi dado observar, a natureza da disciplina, conjugada com a naturalidade e seriedade (bem disposta e sem juízos de valor) com que o professor encarou sempre as questões que os alunos lhe colocavam, às quais procurava dar resposta contextualizada no campo científico da disciplina, levou-os a falar abertamente e de forma séria sobre questões

³¹³ Com frequência, o professor recorre a esquemas nas apresentações de *PowerPoint* que prepara para todas as suas aulas, e que depois faculta aos alunos, que as copiam para dispositivos de armazenamento de dados para posterior consulta e estudo em casa. Mas recorre também a desenhos no quadro de giz, para os quais se assume *pouco dotado*. Certo dia, um aluno faz a seguinte observação sobre um esquema de um *slide* de *PowerPoint* que o professor seleccionou para lhes ilustrar uma dada matéria: «Este esquema... Os outros eram mais... expressivos.» O professor considera o comentário particularmente engraçado e responde: «*Paulinho* [forma com que carinhosamente o tratam os colegas, e quase sempre também o professor], *crítico de arte de desenhos de Biologia.*», despoletando o riso geral na sala, incluindo do próprio aluno. Sobre esse assunto, dizer ainda que o professor fez uma nova explicação do significado do esquema, finda a qual o aluno diz: «*Ah, assim já está mais... expressivo!* [risos]» A '(ine)expressividade' dos esquemas e desenhos apresentados nas aulas passou, desde então, a constituir mais um elemento recorrente de bom humor que caracteriza as interações da turma no contexto da sala de aula, e sobretudo entre o professor e o aluno. Numa ocasião, registámos o seguinte diálogo: «*Professor, pode voltar atrás para eu tirar uma dúvida?*» [o professor volta a explicar] «*Claro! Eu quero que isto fique tudo 'expressivo', Paulinho* [risos]», «*Paulinho, percebe-se?*» «*Está expressivo*», responde o aluno sorridente. «*Paulinho, o meu crítico de expressão.*», acrescenta ainda o professor. Ou ainda, noutra ocasião em que o professor afirma «*A explicação que está aqui, e que têm no livro – na página 205, é a mais representativa do impulso nervoso. (...) A sinapse – comunicação entre dois neurónios – dá-se no fim do impulso nervoso. Fui explícito?* [dirigindo-se à turma e depois] *Fui expressivo, Paulinho* [risos]?»

delicadas – como a sua sexualidade ou afectividades (nuns casos no contexto da sala de aula e noutros fora dela).

Ainda durante a aula, quando se debruçam sobre o estudo do impulso nervoso, o professor recorre a uma outra das suas estratégias pedagógicas, que envolve a simulação de actos biológicos com comportamentos humanos. Desta vez, para demonstrar a forma como ocorre um impulso nervoso («*Mais uma vez vou arranjar uma maneira fácil de nunca mais se esquecerem. (...) Uma sinapse é a ligação entre dois neurónios.*»), enquanto chama junto de si um grupo de alunos – um rapaz e três raparigas – e pedelhes que dêem as mãos... e então exemplifica a matéria por analogia aos comportamentos que disse aos alunos para assumirem, mas antes deixa mais uma nota de boa disposição que cativa os alunos (sem operar, curiosamente, efeitos perturbadores na sua atenção³¹⁴): «*Rui, depois não digas que o professor de Biologia não é amigo. [risos]*», numa alusão ao facto de estar de mãos dadas com as colegas. Ao Bruno ocorre-lhe ainda «*Ó setor, por que é que os toxicodependentes falam mais devagar?*»
Professor: «*Consumir crack consome neurónios. Quem consome muito regularmente,*

³¹⁴ Mais tarde, comentamos com o professor estas estratégias pedagógicas, respondendo-nos «*se não crio estas formas de os manter interessados... eles dispersam-se. Manter miúdos de 15 anos atentos a noventa minutos de aula de Biologia, sendo algumas matérias difíceis, como a de hoje, exige que façamos estas coisas. E para nós (professores) também se torna mais fácil. Porque não é chegar ali e despejar a matéria. Eu, por exemplo, estou uma ou duas aulas atrasado em relação a alguns colegas, mas não consigo avançar sabendo que eles não perceberam nada. Não consigo! E o programa deste ano... já viste...* [folheia parte do manual da disciplina que ainda falta dar e manifesta apreensão sobre a capacidade de dar toda a matéria que falta dar]. *Vou ter de acelerar. Uma pessoa programa tudo bem, como vês. Mas os miúdos não percebem e nós avançamos na mesma?! (...) Vou ter de acelerar. Não gosto nada de dar as coisas a correr! Mas não tenho hipótese. Gosto, e esforço-me para que eles percebam!*». Na primeira aula do 3.º período lectivo – dia 18 de Abril, os alunos são informados de que começarão a ter aulas suplementares da disciplina (mais 45 semanais, às segundas-feiras, passando a entrar às 14h20m. Situação que ocorreu em todas as turmas do 10.º ano) para que o programa possa ser cumprido, e que depois do final do ano lectivo, a 9 de Junho, continuarão durante mais uma semana a ter aulas de Biologia e Físico-Química em horário contínuo nas horas em que tinham as outras disciplinas. Os alunos protestam bastante mas o professor, embora compreensivo com o *esforço adicional que tal representa para eles*, adianta que *tem de ser porque o programa é muito extenso e que a escola tem o aval do ministério para fazê-lo, pois no 11.º ano vão ter exame e têm de ter dado toda a matéria*. Os alunos protestam porque alguns deles deixam de poder ir almoçar a casa na sequência deste novo horário, e porque representa um adiamento das férias. O professor conclui que *a escola tem o aval do ministério e que haverá uma reunião com os encarregados de educação dessa quarta-feira a oito dias*. E a aula prossegue. Os processos de reivindicação e negociação entre professores e alunos são, aliás, frequentes, e a propósito de vários aspectos, como por exemplo: da matéria que sai para os testes de avaliação (numa circunstância, perante a argumentação de que *é muita matéria para a ficha [de avaliação] e que já teria alvo de avaliação noutros momentos de avaliação anteriores*, a professora Tânia (12.º ano) cede em retirar um capítulo de matéria, para grande satisfação dos alunos); dos trabalhos para casa, bem patente no excerto seguinte do nosso diário de campo.: na última aula antes da interrupção lectiva da Páscoa, o professor diz «*Se há fotólise, há luz... Para que não se esqueçam de mim durante as férias...*» Os alunos, antevendo que o professor está prestes a mandar trabalhos para casa, exclamam em coro: «*Ó setor!...*» O professor prossegue, firme: «*... TPC: para além dessa ficha, página 121, exercícios 7, 8 e 9.*» A Catarina, uma aluna bem comportada mas muito reivindicativa faz um protesto mais veemente: «*Ó setor, poupe-me! Férias são férias!*», diz com ar zangado. Enquanto outra colega diz, em tom irónico: «*Vai-se arrepender disto!* [risos]» O professor argumenta: «*Isto não são férias. São interrupções lectivas. Não tens aulas mas podes ter TPC. Vai ver os currículos. Férias são só no Verão.*» A Catarina conclui, visivelmente contrariada: «*Quero lá saber disso! São só duas semanas...*»

fala assssiiiiimmmmm óóóóóóóóóó mmmmaaannnn' [fala num tom arrastado], porque já não... [recorre a uma figura e explica porque é que as drogas operam efeitos de retardamento].» (Diário de campo, 23 de Maio)



Figura 8.1: Homeostasia e controlo da temperatura corporal.

Reprodução de desenho do professor

[Numa aula, um aluno faz uma alusão às alterações biológicas que se dão quando em presença de alguém de quem se gosta]

Aluno: *Quando se gosta de alguém, ficamos gagos...*

Professor: *Bioquímica do Amor...*[diz o professor com um ar romântico]

Alunos: *Ah!*

Professor: *Há dúvidas por parte dos investigadores sobre porque é que o 'coração dispara'. Sabe-se que a dopamina dispara, mas não se sabe porquê...*

(Diário de campo, 29 de Maio)

Num dia em que o professor tenta dar a aula, mas os alunos estão particularmente agitados – falam muito entre si e é difícil fazê-los concentrar –, o professor pergunta: «Posso dar a aula [risos]? Sabem por que é que ficamos de ressaca? Se me deixarem dar a aula, depois digo-vos por que é ficamos de ressaca, OK?» «A sério, setor?», respondem os alunos entusiasmados e curiosos. «Sim, mas primeiro têm de me deixar dar a aula, OK? (...) Sabes Eugénia [por que é que ficamos de ressaca]?» Respondemos que não e uma das alunas que mais interage connosco ironiza «A Eugénia não sabe? Este setor é tão esperto!» Os alunos concentram-se finalmente na aula e, no final, como prometido o professor explica. Começa por explicar que se trata de um processo de

desidratação. Explica que nos animais terrestres e nos peixes de água salgada existe uma hormona, designada HAD (Hormona antidiurética), que concentra a urina, para não estarmos sempre a urinar. E que o álcool bloqueia a HAD, de modo que ficamos quase incontinentes – *«é uma das coisas que faz. Por isso é que quando estamos alcoolizados temos sempre vontade de urinar. No dia seguinte, estamos desidratados – ressaca.»* Avança ainda com a explicação científica da relação entre o consumo de álcool e a cirrose. (Diário de campo, 16 de Fevereiro)

«Vamos lá saber por que é que as flores murcham», anuncia o professor.

Começa então com a explanação, socorrendo-se de um exemplo, mais uma vez divertido e simultaneamente didático e esclarecedor. *«Uma rosa – indiana, ao estilo 'Qué frô?' [risos] No dia 14 de Fevereiro a Xana recebe uma flor, e a Zulmira também, mas a Xana coloca a sua flor numa jarra com água destilada, enquanto a Zulmira coloca a rosa numa jarra com água salgada. No dia 20, a rosa da Xana continua bonita enquanto a flor da Zulmira no dia 16 já tinha murchado.»* [À medida que desenvolve o raciocínio, o professor vai desenhando no quadro (Figura 8.2), o que provoca mais uma reacção de divertimento entre os alunos, dada a aparente falta de jeito do professor para desenhar, mas que retém a atenção de todos]. *Porquê? Pensamento científico a funcionar.»* Os alunos vão dando as suas opiniões e o professor vai dando algumas pistas explicativas. *«A água do mar seca a pele; ficamos com sal na pele. Porquê? (...) A água é que movimenta... o sal não! A planta murcha por falta de água. Todos os seres vivos têm pelo menos 65% de água. (...) A água destilada não tem sais minerais nenhuns.»*

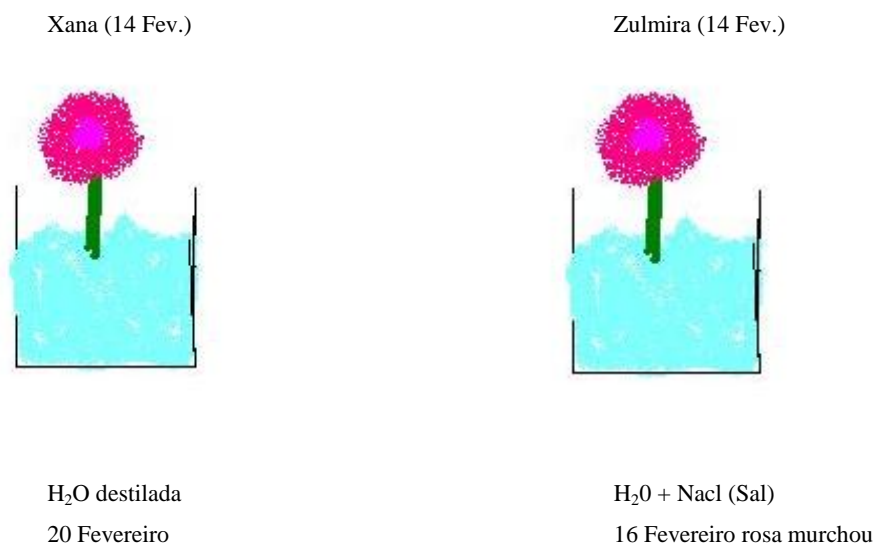


Figura 8.2: Transporte na membrana (osmose). Reprodução de desenho do professor para ilustrar um exemplo sobre o assunto em estudo.

Numa aula em que se fala sobre biomoléculas, e em como são moléculas características dos seres vivos (matéria orgânica), o professor refere: «*A senhora dona Marina [uma das alunas] quando dá um beijo à sua mãe, está a dar um beijo a matéria orgânica.*» Os alunos entre risos e atitudes que demonstram enojamento pela expressão ‘*matéria orgânica*’, respondem «*Que nojo. Ela já não dá mais beijos à mãe!*» O professor prossegue: «*O ADN [ácido desoxirribonucleico] é um exemplo de biomolécula!* [Entretanto os alunos colocam uma série de perguntas relacionadas com o assunto, nomeadamente sobre uma série televisiva de que gostam muito – CSI³¹⁵ – e o professor indica-lhes alguma matéria que estudarão no futuro]. *Só está viva a raiz do cabelo, e das unhas também. (...) Até tenho aqui um PowerPoint... [procura no seu computador], se tiver aqui até vos mostro... acerca das teorias aceites acerca do início da vida na terra.*» Voltando ao tema da aula, prossegue mostrando um programa informático visualmente apelativo sobre o qual os alunos demonstram grande interesse, que mostra como proteínas nos seus diferentes componentes; é um programa muito explícito, que inclui a tabela periódica, permite saber a composição das proteínas, e que auxilia bastante a compreensão desta matéria. O professor disponibiliza-se para o facultar aos alunos, para que o possam explorar com mais detalhe e com mais tempo em casa; todos manifestam grande interesse. Desse programa, mostra na aula um exemplo de uma

³¹⁵ CSI – *Crime Scene Investigation*. Uma série dramática norte-americana muito popular e premiada, exibida em Portugal em canais por cabo e também na RTP2. A série centra-se nas investigações de um grupo de cientistas forenses do departamento de criminalística da polícia americana.

proteína. «*A proteína mais simples que conheço: a insulina. É uma proteína simples. [e depois uma das proteínas mais complexas, para os alunos terem percepção do seu grau de complexidade] É a hemoglobina. São milhares de cadeias enroladas de aminoácidos. Tem uma estrutura quaternária. (...) O sangue sabe a ferro. O sangue é vermelho porque temos hemoglobina. Quem tem anemia tem falta de ferro no sangue. (...) Porque a hemoglobina só se forma com átomos de ferro lá no meio.*» A aluna Ana L. [há muitas alunas na turma de nome próprio Ana, e têm de distinguidas pelo apelido] aproveita para partilhar com a turma: «*A minha mãe diz que tomar muitos medicamentos faz anemia.*», ao que o professor responde «*Isso não é assim tão linear. Há muitas causas. Alguns medicamentos podem impedir a produção de ferro, mas a causa principal é a alimentação. Devem consumir-se vegetais ricos em ferro.*» O Marco diz: «*Este programa é muito engraçado!*» [aluno que, como vimos, apresenta um aproveitamento médio apesar do seu grande potencial, e que tem alguns problemas comportamentais, sobretudo porque fala muito nas aulas – por vezes num tom de voz elevado – e que é difícil de conseguir captar atenção]. Perante o entusiasmo dos alunos, o professor mostra mais algumas partes do programa, explicando e questionando permanentemente os alunos: «*Que átomos tem a glicose? (...) Para além destes átomos, que outros podemos ver?*» Conclui a aula com um resumo da matéria – biomoléculas: o que são e exemplos. (Diário de campo, 2 de Fevereiro)

Na aula em que o professor introduz os alunos no estudo da respiração e da fermentação, começa, como sempre, por explorar o tema³¹⁶: «*Mauro, vou fazer-te uma pergunta complexa: por que razão respiras? Carla, está atenta, a resposta não está no livro.*» Fazem-se alguns ensaios de resposta, em que o professor não espera necessariamente uma resposta certa, mas antes um diálogo sobre o tema, a que alguns

³¹⁶ Não no sentido de desvalorizar o que os alunos sabem, como ambos os professores fizeram questão de nos afirmar ao longo do ano lectivo, mas justamente de perceber o que sabem sobre os assuntos, e de os consciencializar de uma perspectiva científica dos fenómenos. A este propósito, v. por exemplo o extenso trabalho de Jerome Bruner, em que o autor salienta que a aprendizagem de uma matéria pode incluir três processos quase simultâneos: a *aquisição* de nova informação (muitas vezes oposta à que implícita ou explicitamente se detinha, representando um aperfeiçoamento do conhecimento anterior); a *transformação*, que corresponde ao processo de manipulação do conhecimento para o adaptar a novas situações; e a *avaliação*, que verifica se o modo como manipulámos a informação é adequado (Bruner, 2011, 2000, 1999, 1977, 1971). Segundo o autor, a aprendizagem será bem sucedida se a partir dela se conseguir generalizar para além do aprendido, o que se reflecte não necessariamente apenas nas classificações obtidas. E é neste sentido que defendemos que, porventura, poderão espelhar-se também na evolução e compreensão que os alunos revelam sobre as matérias aprendidas, nomeadamente na resolução de problemas no âmbito de projectos ou experiências.

Havendo por isso, tal como sugerido por Bruner, duas formas de o ensino-aprendizagem servir o futuro: pela aquisição de competências (consubstanciadas na capacidade de aplicar o que se aprendeu) e a capacidade de continuar a aprofundar o conhecimento que se tem. E, nesse sentido, uma revisão dos currículos escolares da ciência deve atender, não só ao domínio dos principais conceitos científicos, mas também ao desenvolvimento de atitudes favoráveis à aprendizagem ao longo da vida, à investigação e à capacidade de resolução de problemas.

colegas vão dando achegas, e em que vai elogiando cada resposta que se aproxima do pretendido e incentivando as que mais dispersam para o sentido que pretende. «*Digam-me lá se a Biologia não é linda! [risos] Isto é a poesia, agora vem a parte complicada. (...) E é um mito que colocar plantas no quarto faz mal. [«Pois é, as velhas é que dizem isso!»], exclama o Marco em bom som] O oxigénio que a planta consome é mínimo. Além disso, a planta durante o dia também enriqueceu o ar com oxigénio. Agora vamos pôr a cabeça a funcionar. Vejam este esquema [desenha no quadro o esquema que reproduzimos abaixo, na figura 8.3] Não passem [já], pensem! Há bactérias que não precisam de oxigénio, por isso não respiram; produzem energia através da fermentação. Qual a diferença entre respiração e fermentação?»*

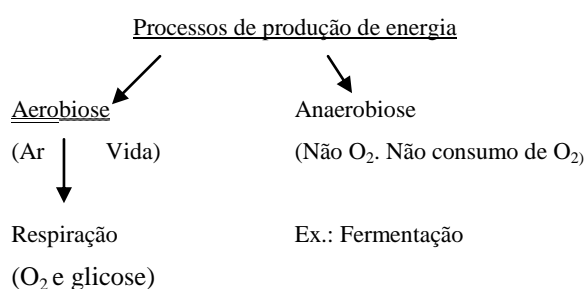


Figura 8.3: Processos de produção de energia. Reprodução de esquema do professor

E prossegue: *Para baralhar ainda mais um bocadinho, antes de explicar... Paulinho, quantas flexões fazes?* [o aluno é praticante de artes marciais]

Aluno: *Quarenta.*

Professor: *Quarenta? E cem, consegues?*

Aluno: *Sim! [risos]*

Professor: *Eu acredito [risos], mas depois o que é que acontecia no dia a seguir?*

Aluno: *Doíam-me os músculos!*

Professor: *Então porque é que bioquimicamente te doem os músculos?* [após algumas trocas de impressões com os alunos em que procura levá-los a dar a resposta certa, explica então porque é os músculos doem na sequência do exercício físico] *Dá-se a formação de um resíduo tóxico, o ácido láctico, que produz dores. (...) Daí a importância dos alongamentos no final do treino – fundamental nos atletas de alta competição – por forma a aumentar a flexibilidade e a espalhar o ácido... para não doer tanto. Não ser tão intenso nem tão localizado.»* (Diário de campo, 18 de Abril)

Na aula de 3 de Maio, a professora Tânia diz: «*Vejam o caso das Berlengas, colocámos lá lixo que atraiu gaivotas, que pelo seu número excessivo estavam a levar à extinção*

*das espécies autóctones. O homem, que gerou essa situação, resolveu – com o intuito de proteger as espécies locais das gaivotas – colocar veneno. Resultado: com o veneno dizimaram parte das espécies locais. Foi pior que a ‘invasão’ de gaivotas. (...) Tal como o X [refere-se a uma cadeia multinacional de fast food]... Por causa das pressões ambientais, agora têm anúncios em que mostram ‘vaquinhas ecológicas’, para passar a ideia de que as suas vaquinhas são muito felizes e saudáveis e que crescem em lindos prados verdejantes. Sabem que para as vacas estarem ali destruíram-se vastas áreas de florestas tropicais, na América do Sul, para fazer pastos? (...) Espécie, sempre a expressão espécie – se vocês forem para ciências não-de ver sempre essa expressão. (...) Apuram-se raças, como por exemplo de cães. [Fala-se em raças de cães – como aliás está no manual da disciplina. Na cor dos olhos, nas combinações possíveis...] Temos de sair do nosso egocentrismo [refere-se ao egocentrismo do ser humano, enquanto espécie]. (...) Célula estaminal, de que tanto ouvem falar [fala de células estaminais e das potencialidades e limites da criopreservação do cordão umbilical aquando do nascimento dos bebés. Depois fala-se do cultivo de vegetais, dos perigos da monocultura e professora faz a ponte com o tema da manipulação genética dos alimentos. Os alunos interessam-se pelo tema, porque têm familiares – sobretudo avós – ligados ao cultivo da terra, e participam bastante – uns dizendo que *o avô num ano cultivava batatas e no outro, na mesma terra, uma coisa diferente*, que pelo meio das culturas metem diferentes legumes, porque um afasta a borboleta da couve, outro terá efeito sobre... É um relato muito interessante, com o qual a professora aprende e se fascina:] «Ah é? Tenho de conhecer o teu avô! Vou fazer isso na minha mini-hortinha! (...) O homem é de ‘modas’. A ‘pérola científica’ actual é a engenharia genética. A criação de novas espécies é algo de bom ou mau? [entretanto, repara que um aluno está a tentar encontrar um momento de distração da professora para mandar um avião de papel para outro colega, e diz, numa reacção bem-humorada mas simultaneamente desconcertante para o aluno, porque a turma toda se ri «Manda lá o avião; raio do gajo [risos] O aluno desiste do seu intento. A professora incentiva-o a fazê-lo. Ele acha piada e acaba por fazê-lo e a aula prossegue sem mais brincadeiras do aluno] *Eu acredito que seja, mas apenas se conseguirmos parar com a loucura! Eu ontem estava a ler – e vou partilhar convosco, que eu gosto de partilhar convosco... Eu estava a ler um livro – que não conseguí parar de ler...* [fala, emocionada e apaixonadamente sobre o conteúdo do livro, sobre questões relacionadas com ecologia e tomada de consciência sobre problemas ambientais] *Gostava tanto que vocês pensassem sobre estas questões. É o vosso futuro! Têm de estar informados, conscientes, e de ser participativos!*» (Diário de campo, 3 de Maio, Turma de Biologia – 12.º ano)*

O ensino da Biologia e da Geologia em contexto CTS

A educação tem como função a formação das pessoas (Bertrand e Valois, 2004) e, nesse sentido, não é admissível nos dias de hoje uma formação científica em Biologia e Geologia que ignore a sua contextualização social e tecnológica.

Vivemos tempos em que é, pois, necessário situar o ensino da ciência – e da Biologia e da Geologia em particular –, no quadro de uma reflexão sobre as suas relações com a sociedade e a tecnologia, por forma a permitir uma compreensão da dimensão ecológica, social, económica, política e ética dos avanços científicos nestas áreas.

Um tal conceito de educação em ciências – educação em ciências com orientação ciência/tecnologia/sociedade³¹⁷ – obriga a romper com padrões de actuação que têm dominado e marcado as práticas pedagógico-didáticas (Vieira *et. al.*, 2011). Segundo os autores, tal pressupõe a introdução de mudanças nas práticas de ensino-aprendizagem, nomeadamente as que apostem numa aprendizagem que ocorre num processo de interacção, socialmente contextualizado, por contraponto a uma aprendizagem que apela sobretudo à memorização de conhecimento factual transmitido pelo professor.

O que nos foi dado observar a este propósito é que, de facto, as aulas são marcadas por uma forte componente de transmissão de conhecimento do professor aos alunos, mas também que, como já tivemos oportunidade de referir, são bastante diferentes das práticas expositivas tradicionais do ensino³¹⁸. Porquanto, ambos os professores almejam não a memorização³¹⁹ mas a compreensão dos fenómenos, sendo

³¹⁷ Discutido na Parte I. As palavras seguintes, da autoria de Albert Einstein, são a este propósito particularmente eloquentes: “*Um ser humano é parte do todo por nós chamado ‘universo’, uma parte limitada no tempo e no espaço. Nós experimentamo-nos, aos nossos pensamentos e sentimentos, como algo separado do resto – uma espécie de ilusão de óptica da nossa consciência. Esta ilusão é uma espécie de prisão para nós, restringindo-nos aos nossos desejos pessoais e ao afecto por algumas pessoas que nos são mais próximas. A nossa tarefa deve ser a de nos libertarmos desta prisão ampliando o nosso círculo de compreensão e de compaixão de modo a que abranja todas as criaturas vivas e o todo da Natureza na sua beleza*” (tradução livre do original em Inglês) (2000: 316).

³¹⁸ Após alguns anos de observação e análise de múltiplas práticas pedagógicas muito diferenciadas de professores e alunos de contextos muito diversificados, em vários pontos do país, damos por nós a interrogar-nos se haverá uma forma eficaz de ensinar-aprender ciência em contexto de sala de aula que não pressuponha, pelo menos em algum momento do processo, uma componente de exposição do professor aos alunos – num processo mais ou menos longo, mais ou menos intercalado com outras actividades não expositivas, com maior ou menor interacção entre professor e alunos, ou ainda ao qual se chega pela descoberta do aluno ou por proposta do professor, mas que, em qualquer dos casos, se consubstancia numa vertente importante de transmissão de conhecimento do professor aos alunos.

³¹⁹ Note-se, no entanto, que a memorização não é um exercício intelectual dispensável no contexto educativo, e em particular na educação científica (nomeadamente no que se refere a termos e conceitos

as suas aulas não um monólogo mas um diálogo permanente, com a possibilidade de constante questionamento. E, normalmente, quer as questões colocadas quer as respostas tendem a situar as aprendizagens num contexto mais vasto que a sua dimensão científica. Além disso, há o permanente desafio de os alunos produzirem também os seus próprios contextos de aprendizagem (normalmente sob a forma de desafios para vivências, leituras e pesquisas, e também o acolhimento dos contributos que os alunos trazem para o contexto de ensino-aprendizagem da sala de aula. E, nestas circunstâncias, verificou-se um padrão particular de ensino que alimenta uma aprendizagem de êxito pelos alunos. Com efeito, o ambiente da sala de aula pautou-se, num caso como noutro, sempre por uma permanente cooperação, empatia e interactividade entre professor e alunos³²⁰, em que se reconheceu a diversidade de alunos (de formas e ritmos de aprendizagem) e se fomentou um ambiente de reflexão e questionamento sobre as questões estudadas. Tanto mais que estes alunos, tal como defendido por Sampaio a propósito da aprendizagem que os jovens reclamam para si próprios nos nossos dias (2011), manifestam interesse em participar, contribuir para a construção da sua aprendizagem, pesquisar e encontrar respostas para o mundo à sua volta, não se limitando a uma atitude passiva de se limitar a ouvir o que o professor tem para dizer.

No caso da turma do 10.º ano, como reconhecido pelo próprio professor, o uso de estratégias pedagógicas e de actividades lectivas que envolvam a exploração de situações reais, associadas por exemplo à realização de experiências laboratoriais³²¹, visitas de estudo ou realização de debates *é inviável no quadro de um programa extenso*

científicos fundamentais no campo destas disciplinas). Mas aquilo em que ambos os professores procuram trabalhar é numa memorização assente na compreensão, e portanto com efeitos mais prolongados no tempo e significantes do ponto de vista da aprendizagem. «*Eu não quero que vocês decorem. Quero que compreendam!*» (Professor Gonçalo – 10.º ano). Por seu lado, a professora Tânia diz-nos: «*Eu quando cheguei ao ensino constatei uma coisa muito curiosa: a esmagadora maioria dos alunos aprende à base da transmissão oral da material. Ou seja, do ‘empinango’ e depois ‘despejar dentro do saquinho’ [realizar testes de avaliação sumativa em que escrevem o que decoraram]. Não é assim que entendo o ensino. As pessoas têm de memorizar algumas coisas, claro. Então na nossa área... Mas também têm de as perceber, senão passou o teste e o que é que fica?... Não aprenderam nada!*»

³²⁰ E também fora da sala de aula, com ambos os professores a mostraram disponibilidade para falar com os alunos e para lhes esclarecer dúvidas, e também para confraternizarem.

³²¹ Que se limitaram aos protocolos experimentais curricularmente previstos: observação microscópica das células da epiderme da cebola e do epitélio da língua (uma aula; com a turma dividida em dois turnos) e observação microscópica da raiz, do caule e das folhas, e também do sangue humano (uma aula, com a turma novamente dividida em turnos. Esta divisão existe, de resto, para que se possam fazer experiências, o que não é viável com turmas de vinte e quatro alunos em simultâneo). Em ambas as aulas, os alunos manifestaram enorme entusiasmo e consideraram-nas muito interessantes «Devíamos ter mais aulas destas!» O professor concorda, mas acrescenta: «Também acho. Mas este ano, com este programa, é o que conseguimos fazer...»

e difícil, que tem de ser integralmente cumprido. O que, segundo o próprio, o obrigou a um esforço adicional de reflexão sobre práticas pedagógicas mais adequadas para colmatar essas lacunas, tendo para o efeito procurado estimular um ambiente de sala de aula bastante interactivo, que fomentasse o questionamento e que procurasse em cada momento remeter para realidades próximas e para problemas concretos das vidas dos alunos e da sociedade em geral. Apelando neste caso também a uma multiplicidade de recursos que, em seu entender, abrem oportunidades para os alunos desempenharem papéis sociais ligados à procura de soluções para problemas sociais ou à tomada de consciência de problemas com implicações na sua acção pessoal e social (poluição, doenças). Sob a lógica de que os alunos não aprendem todos da mesma maneira – «*Uns aprendem mais a ler, outros a ver, outros a fazer...*», o professor Gonçalo procurou diversificar as estratégias adoptadas ao longo do ano lectivo para ensinar a matéria, mas em todos os casos sempre baseado numa interacção dinâmica com os alunos. A par da sua própria exposição oral, acompanhada por apresentações em *PowerPoint* com bastantes ilustrações (e que várias ocasiões remeteram para pesquisas mais aprofundadas dos alunos fora da escola), o professor pautou as suas aulas por um clima de boa-disposição, mas de elevado rigor científico, disciplina de comportamentos e exigência nos conhecimentos adquiridos³²², dos seus sempre muito apreciados e

³²² Várias vezes os alunos confidenciam-nos: «*O setor Gonçalo é um porreiro, mas nestas coisas [momentos de avaliação] não é um porreiro! Faz uns testes!... Enormes! Oito folhas, onde é que já se viu?!* [os testes têm uma componente gráfica considerável, o que os torna extensos também por isso. «*E difíceis!*, atalha a Ana L., que é uma das alunas com melhor aproveitamento]. *Se não estudamos, não nos safamos. [...]* E se nos apanha a copiar... zero! Não há hipótese!» O professor, sobre o rigor e exigência que espera dos alunos: «*Eu esforço-me por ensiná-los bem. Sei das suas capacidades. Têm de estudar! Eu estou aqui para ensinar! Quero que eles estudem e tirem boas notas. Não abduco disso! E não se estão a sair mal. Alguns, se se aplicassem mais, rebentavam a escala. Mas enfim, é mesmo assim... Vê o Marco, apostei com ele na brincadeira que lhe dava cinco euros se tirasse mais de 18 valores no teste. Quis espicaçá-lo... porque sei que se ele quisesse era o melhor...* [o aluno obteve 18,6 valores, o que representou uma subida considerável face a classificações anteriores]. *Os testes são dentro do grau de dificuldade do dos meus colegas, mas eu ponho muitos esquemas e aquilo parece maior. Vêem oito páginas e passam-se da cabeça [risos] Mas eu calculo o tempo que eles demoram a resolver cada questão. Nada é feito à toa! Eles queixam-se de tudo! [risos] Mas olha que o 10.º ano realmente é puxado. Têm montes de disciplinas. Este programa de Biologia renovado é... puxadito! O último teste vai ser igual a um exame, a ver se eles têm todos positiva.»*

A nossa condição de observador-participante do sistema de ensino-aprendizagem da ciência nos últimos anos tem-nos permitido constatar uma regularidade que, pessoalmente, consideramos interessante. Tendencialmente, os alunos apreciam, a par de um bom relacionamento interpessoal com os professores, que estes sejam competentes e rigorosos. Ou seja, um ‘setor porreiro’ não é um professor simpático, é também um professor cientificamente competente e que, com isso, ajuda os alunos a alcançar metas que vão ao encontro das suas expectativas e planos de estudo. Vejamos, a título de exemplo, um caso observado neste ano lectivo, com a turma de Biologia do 12.º ano. Certo dia, numa conversa de fim de aula com a professora Tânia, apercebemo-nos que alguns alunos a abordam no sentido de lhes dar umas explicações sobre matéria da disciplina de Geologia: «*A setora Marta é uma porreira, damo-nos ‘muita’ bem com ela, às vezes até sai connosco, mas a dar aulas... (...) Nas aulas é só galhofa mas matéria... E daqui a pouco, temos os exames à porta e não sabemos nada... Será que nos pode explicar*

expressivos desenhos e esquemas no quadro, dos exercícios físicos dos alunos por analogia a um dado fenómeno ou conceito geológico ou biológico, do recurso ao modelo anatómico feminino do laboratório (na turma conhecido como ‘*a namorada do Marco*’ e, mais tarde, como a ‘*ex-namorada do Marco*’ «*Já acabámos [risos]!*», de muitos trabalhos de grupo desenvolvidos na aula – os quais possibilitaram, como tivemos oportunidade de testemunhar inúmeras vezes, grande partilha de ideias entre os alunos. A este propósito, diz-nos o professor: «*Eles aprendem muito uns com os outros nestes dez, quinze minutos de trabalhos de grupo. (...) E eu aprendo muito com eles! Dar aulas é fixe! (...) A inteligência é uma multifactorial. Há vários tipos de inteligência. E os alunos não aprendem todos da mesma maneira; uns aprendem mais com desenhos, outros a ouvir, outros com aqueles exercícios que faço de pegar em meia dúzia deles e simular uma coisa qualquer, como no outro dia com as sinapses... Eles este ano estão a ouvir pela primeira vez uma série de termos complicados, e se eu não arranjo estas formas de eles os fixarem... e aprenderem! (...) Porque eles têm de aprender os termos [científicos] correctos; já debes ter percebido que eu insisto muito nisso com eles. E sabem que [erros de] Português [nos momentos de avaliação] não desconto mas termos científicos... No teste quando me vêm com ‘globos vermelhos’ em vez de ‘glóbulos’... Mas mesmo em termos de Português tento sempre alertar porque depois chegam ao exame e ‘um está por cima e outro está por baixo’ e levam zero.»*

Muitas vezes damos conta que os próprios alunos trazem temas para a aula, em função do que viram na televisão ou na internet, dos sítios onde viveram, das viagens que fizeram, do que os pais, familiares ou amigos lhes contaram ou das experiências que viveram – normalmente com grande sentido de oportunidade, e que com igual sentido de oportunidade o professor estabelece associação a conhecimentos científicos biológicos e geológicos.

umas coisas? Com ela não vale a pena... Aqui também brincamos, mas é diferente, aprende-se!» Talvez pela primeira vez do tanto tempo que levamos a seguir esta professora, vemo-la num dilema, sem saber como agir (quando habitualmente é bastante resoluto). Diz que vai tentar ajudar, mas que é uma *situação delicada*, porque se a colega sabe é *uma situação constrangedora e comprometedor para todos*. Os alunos compreendem, mas apelam veementemente à ajuda da professora Tânia. Depois, sem que abordemos o tema com ela, a professora confia-nos que «*os alunos acabam de a colocar numa posição delicada. Querem que eu os ajude a Geologia. Quero ajudá-los! É o futuro deles que está em causa! Querem passar nos exames, ter boas notas, ir para a faculdade! Mas se a Marta sabe, o que é que ela vai pensar? Que EU lhe estou a passar um atestado de incompetência! Certo? Já viste?... Eles dizem que ela é porreira – e é! Conhece-la! Mas que a dar aulas!...*» Tanto quanto soubemos, oportuna e discretamente, a professora Tânia acabou por lhes explicar algumas partes do programa de Geologia em que apresentam mais dificuldades.

«As actividades humanas que mais contribuem para a extinção de espécies são a caça furtiva, a desflorestação – duas causas: incêndios e abate de árvores –, a poluição e exploração excessiva de recursos minerais. No Século XX, para explorar ouro, recorreu-se ao arsénico de tal forma que ainda hoje não há uma erva daninha dada a contaminação dos solos com arsénico. (...) Pensem na caça furtiva. Vamos discutir isso na próxima aula. Sempre que uma espécie se extingue, o ecossistema onde estava inserida entra em desequilíbrio.» (Professora Tânia, Turma de Biologia do 12.º ano. Diário de campo, 26 de Janeiro)

O professor fala da temperatura corporal e da função de que dispomos para regulá-la. E o Marco coloca uma questão:

Marco: *Ó setor, a hipotermia é mais ou menos o quê?*

O professor responde, por associação ao conceito de homeostasia.

Raúl: *O meu irmão foi para o hospital, com mais de 40º graus de febre. Banho frio, depois morno. Não há risco de choque térmico?*

Professor: *Essa já é uma situação extrema. Não há efeito antipirético, ou já não há tempo para isso. Mas é um risco, sim. Pode acontecer [o choque térmico]. (...) Outro exemplo: porque urinamos? [...] Que substância tóxica está presente na urina? (...) Boa! Ureia. Então outra situação de homeostasia: se o nível de ureia... [...] Já ouviram falar de hemodiálise? Quando uma pessoa tem insuficiência renal. [a maioria não está familiarizado com a doença/tratamento] Pessoal, a vida não é só saber que vestido usa a Shakira ou o novo reforço do FCP [Futebol Clube do Porto]; há outras coisas importantes à nossa vida. [explica porque se dá a insuficiência renal e o processo de hemodiálise]. No final da explicação, que os alunos ouvem todos com bastante interesse, a Cláudia diz-nos. «Aprendo tanto com este setor!» A Marina (uma aluna com uma personalidade muito engraçada, que se veste sempre de cor-de-rosa – *a sua cor preferida!* – e que é fascinada por peixes, facto com que os colegas e professor brincam, porque quando entra na sala de aula vai sempre cumprimentar os peixes no aquário e só se senta quando o professor a manda ‘*deixar os seus amigos em paz*’ ou alguns dizem que ‘*que os peixes já se escondem quando a vêem entrar na sala*’. Aliás, certo dia a aluna não está bem, e todos notamos porque justamente entra na sala e senta-se em silêncio e sem se dirigir ao aquário) exclama: «*Vivendo e aprendendo!*»*

Recorrentemente temas da Biologia e da Geologia vão sendo remetidos para problemas sociais e ecológicos concretos. O próprio programa e manual escolar das

disciplinas o prevê³²³, mas estes professores, como nos dizem nas várias conversas, sempre o fizeram. Depois de já terem estudado a fotossíntese, numa aula o professor Gonçalo alerta para o seguinte:

«*As plantas aguentam um determinado nível de CO₂, depois fecham os estomas. E temos de ter muito cuidado, podem fechar. Se elas fecham, ficamos mesmo sem nada para consumir.* [apresenta dados concretos sobre a capacidade de absorção de dióxido de carbono] *Nível de CO₂ muito pequeno: 0,003 do CO₂ do ar, por isso temos de ter muito cuidado. Porque depois disso fecham*». Alerta para alguns casos concretos de incêndios e desflorestação maciça. Os alunos revêm-se neste discurso do professor, associando-o a algumas situações locais de incêndio e desflorestação (Diário de campo, 16 de Maio)

«*Nunca devem deitar óleos nos esgotos. Porque não se misturam com a água e demoram a sair.* [dá uma explicação interessante sobre como] *a poluição da água propicia condições de propagação de bactérias, que sendo anaeróbicas – libertam CO₂ da fermentação, conduzem a fenómenos de anoxia. Levando à morte dos peixes, por falta de oxigénio.*» Na aula fala-se também de fogos florestais e de como as cinzas daí resultantes contaminam as águas quando chove e são encaminhadas para os rios e para os lençóis freáticos. E também de como a ausência de árvores, na sequência dos incêndios ou do abate, diminui a capacidade de retenção de água nos solos. (Diário de campo, 16 de Maio)

Na aula de 21 de Abril, a professora conclui um capítulo do programa e começa uma nova unidade programática. «*Nova matéria: relação entre o homem e a natureza. Trago-vos para vos mostrar: 'A Terra e o Sonho Americano'*³²⁴. *Achei importante mostrar-vos este filme primeiro. Temos de ser capazes de reflectir sobre estes assuntos e de, como cidadãos, agir sobre eles. Já vi este filme centenas de vezes, e dá-me sempre vontade de chorar* [acrescenta com tristeza. Apresenta o documentário numa cassete VHS própria, num televisor e vídeo da escola, que requisitou especificamente para o efeito. Os alunos vêem o filme; uns com mais outros com menos atenção. O João, que

³²³ A título de exemplo, aquando do estudo das mutações genéticas, o manual da disciplina, para além do conhecimento científico sobre o assunto propriamente dito, coloca o foco da questão também nas suas causas, fazendo a distinção entre as mutações espontâneas – pouco frequentes – e as causadas pela intervenção humana, referindo e ilustrando algumas causas de mutações genéticas fruto da acção humana – como as resultantes da exposição à radiação emitida na sequência do acidente nuclear de Chernobyl. Para mais detalhes, v. Matias e Martins, 2005, pp. 138 e seguintes.

³²⁴ No título original, *Earth and the American Dream*. Trata-se de um documentário realizado em 1992 por Bill Couturié, sobre ecologia, políticas ambientais, preservação ambiental e desflorestação.

habitualmente faz intervenções muito interessantes nas aulas, está francamente interessado; a Ana, pelo contrário, demonstra falta de interesse, estando com o corpo debruçado sobre a mesa e com um ar muito ensonado. É sexta-feira, muito cedo – a aula começa às oito horas, e os estores estão fechados para se conseguir ver o filme, porque a sala está orientada a nascente e a luz do Sol impede a visualização do filme – está uma manhã muito bonita de Primavera. A professora faz uma contextualização do que vão ver: «*O filme retrata a acção humana [na terra], sobretudo nos Estados Unidos da América. A acção começa há cerca de 500 anos atrás.* O João diz, bem-disposto, atalha: «*Se é há 500 anos, devem ser os portugueses! Está mal!* [risos]». Fala-se do filme *Horizonte Longínquo*, protagonizado pelos actores Tom Cruise e Nicole Kidman, em que também se retrata a *'sede' por conseguir terras, fosse a que preço fosse. Sobre como a terra era, literalmente, pertença de quem lá chegasse primeiro; independentemente das formas de vida que já lá existissem.* Sobre agricultura intensiva, industrialização, consumo e temas relacionados. Os alunos vêem o filme em silêncio, permeado apenas por alguns comentários breves da professora e esporadicamente de um ou outro aluno. Quando dá o toque de saída, o filme ainda não terminou. Nenhum aluno manifesta intenção de sair. Alguns alunos parecem até abstraídos do facto de ter tocado para sair, o que deixa a professora emocionada e orgulhosa e a leva a fitar-nos com um olhar cúmplice. Finda a apresentação do filme, ainda há tempo para alguns se deterem, entre comentários vários, sobre a data de origem da televisão [a propósito do formato do filme ser em VHS, o que lhes causa alguma estranheza]. Ninguém tem ideia... Interrogam-nos, e nós, sem certeza, apontamos para inícios do século XX. Os alunos dizem que ficaram curiosos e que irão pesquisar/confirmar³²⁵. (Diário de campo, 21 de Abril)

No estudo de caso da turma do 12.º ano, além das aulas de carácter mais expositivo – que à semelhança das da turma do 10.º ano se pautaram ao longo de todo o ano lectivo por um clima de permanente interacção entre professor e alunos³²⁶ –, os

³²⁵ Acrescentamos ainda que os nossos próprios pais nos relatam, ainda hoje, a emoção com que assistiram, ainda crianças, à primeira emissão televisiva em Portugal na mercearia/taberna da aldeia dos arredores de Lisboa onde viviam à época. E como assistir a emissões televisivas – maioritariamente em locais públicos, porque poucas pessoas tinham televisão em casa – era fascinante. É compreensível que para estes jovens, nascidos na era digital, tudo isto possa parecer inverosímil, quando na verdade até para nós próprios também o é, de certa forma, embora tenhamos nascido antes da invenção do disco compacto...

³²⁶ Em que a professora relacionava a matéria, por mais abstracta que seja – e nalguns casos é-o – com situações mais próximas das vivências dos alunos, despertando-lhes interesse sobre o tema. Ou que os próprios alunos convocam assuntos à discussão da turma, de que recordamos, numa breve referência, alguns exemplos. Primeiro: uma aluna traz um recorte de imprensa sobre 'galinhas sem penas geneticamente modificadas para fins alimentares de humanos' – com o que esse contributo trouxe de debate de ideias à turma, seja pelos (cientificamente não previsíveis) impactos a médio e longo prazo do consumo de tais produtos na saúde humana, seja pela ética associada a esse tipo de manipulação das

alunos experienciaram algumas actividades diferenciadas – como visitas de estudo³²⁷, um debate por eles organizado e promovido³²⁸ e a preparação e apresentação de aulas (em grupo)³²⁹.

Segundo, Bruner (2011), uma boa estratégia pedagógica deve ser avaliada sobretudo no impacto que tem sobre a memória e compreensão dos alunos. Isto é, será tão mais bem sucedida quanto permita uma compreensão significativa dos fenómenos e nos permita recordá-los. Podemos encontrar nos excertos seguintes exemplos a este título elucidativos:

Numa aula em que a professora fala sobre a relação entre homem/ambiente, refere-se, a dada altura a mutações genéticas: «*Temos de sair do nosso egocentrismo [refere-se ao egocentrismo do ser humano, enquanto espécie]. As plantas ao serem sucessivamente clonadas, levam ao desaparecimento da biodiversidade. (...) Explante – célula somática ou pedaço de tecido para produzir uma nova planta, da planta que pretendo propagar. Micropropagação – propagação in vitro de vegetais.*» Duas alunas comentam entre si e depois perguntam: «*Ó setora, não vimos isso no ISA [Instituto Superior de Agronomia]?*» (Diário de campo, 3 de Maio)

Numa ocasião, o professor Gonçalo diz-nos: «*Este ano [os alunos] ‘levam’ com uma série de termos científicos que nunca ouviram. Alguns têm nomes estranhos, mas têm de os saber. Tento encontrar formas simples de compreenderem e não se esquecerem.*»

espécies por parte do ser humano. Segundo: várias vezes, a série CSI – *Crime Scene Investigation* – é referida também nesta turma, e a propósito de um qualquer procedimento visto na série, professora e alunos debatem questões importantes relacionadas com o programa curricular da disciplina.

³²⁷ Os alunos tiveram a oportunidade de visitar: i) o Instituto Superior de Agronomia, da Universidade de Lisboa, numa visita sob o tema da manipulação genética (um dos temas do programa da disciplina de Biologia do 12.º ano). Para uma descrição detalhada sobre a visita, consultar o Anexo C; ii) uma das ETAR (Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos) do concelho (também parte integrante de um dos temas abordados no programa da disciplina de Biologia do 12.º ano, no âmbito do estudo do ‘Tratamento de resíduos’). Para detalhes, consultar o Anexo D; e, iii) uma exposição sobre fósseis no complexo cultural da autarquia local, que incluiu uma palestra sobre o tema e uma visita guiada à exposição. Para mais detalhes, consultar Anexo E.

³²⁸ O debate debruçou-se sobre a engenharia genética, sendo constituído por dois grupos (a turma foi dividida em duas), sendo que um apresentou motivos a favor da engenharia genética e o outro contra. Seguiu-se depois o debate propriamente dito. Para detalhes, consultar o Anexo F.

³²⁹ Divididos em grupos, os alunos foram incumbidos de preparar e apresentar uma aula aos colegas, sobre alguns dos temas do programa, previamente acordado com a professora. Durante a preparação, contaram com a colaboração da professora sempre que necessário (presencialmente ou trocando e-mails – enviando as apresentações de PowerPoint, esclarecendo dúvidas...). As aulas corresponderam à quinta e última unidade do manual da disciplina (v. Matias e Martins, 2005): ‘*Preservar o Meio Ambiente. Que soluções para os efeitos da actividade humana sobre o ambiente?*’. E nelas foram abordados temas como: ‘Recursos renováveis, não renováveis e perpétuos’, ‘Nevoeiros fotoquímicos’, ‘Efeito de estufa’, ‘Poluição aquática’, Tratamento de resíduos sólidos (ETAR, incineração, aterros)’, ‘Crescimento da população humana’. Detalhes ilustrativos sobre uma das aulas são apresentados, a título de exemplo, em anexo. Cf. Anexo G.

Relembramos uma passagem do nosso diário de campo de 16 de Janeiro, em que numa aula de Geologia sobre ‘Descontinuidade de Mohorovici, descontinuidade de Gutenberg e descontinuidade de Wichert Lehman³³⁰’, o professor faz a analogia com reforços do plantel de grandes clubes de futebol nacionais. Detenhamo-nos, por exemplo, na descontinuidade de Mohorovici, que corresponde, de forma simples, ao limite existente na terra à profundidade média de quarenta quilómetros, onde se regista uma alteração na velocidade de propagação das ondas sísmicas. Neste caso, além da explicação científica rigorosa, o professor procurou desenvolver uma estratégia pedagógica com vista à memorização e compreensão dos alunos que envolvia o nome fictício de jogadores de futebol (dado o elevado número de futebolistas da Europa de Leste em Portugal), e a alteração do rendimento dos jogadores em função da evolução na carreira. Na aula seguinte, aquando da habitual revisão da matéria os alunos identificam sem dificuldade os nomes, quando o professor diz: «*Então e os reforços do Benfica, do Sporting e do Porto?* [risos]» «*Os nossos amigos Mohorovici e Gutenberg!*» «*E o Lehman, não te esqueças, Bento!*», atalha a Ana [risos]. E sabem explicar o conceito, pela compreensão que alcançaram. Noutra ocasião, o professor interroga um aluno sobre o nome de uma planta que estudaram, o aluno não se recorda. «*É muito parecido com creme de barrar* [risos].» «*Ah, Nitella* [risos]. *Já não me esqueço!*»

O professor convida alguns alunos a fazer mais um exercício de dar as mãos, para explicar partes da matéria. O Neves é um dos convocados, e fica de mãos dadas com duas colegas. O professor pede-lhes mais alguns detalhes, que incluem atitudes de atracção e repulsa. O professor diz-lhe, em tom de graça: «*Neves, depois não digas que não sou amigo.*» Todos se riem na sala. Dá uma dica para a turma: «*Electrões: sinal negativo.*» O Pedro (o aluno com menor aproveitamento nos testes de avaliação sumativa) diz que aquilo que o professor está a representar através dos seus colegas são ‘*as pontes de hidrogénio*’. O professor fica visivelmente feliz com o contributo do Pedro e exclama bem alto, num elogio sincero: «*Pedro, essa cabeça vale milhões!* [risos]» O aluno fica muito orgulhoso de si próprio e todos os colegas o elogiam também³³¹.

³³⁰ Detenhamo-nos, por exemplo, na descontinuidade de Mohorovici, que corresponde, de forma simples, ao limite existente na Terra à profundidade média de quarenta quilómetros, onde se regista uma alteração na velocidade de propagação das ondas sísmicas. Neste caso, além da explicação científica rigorosa, o professor procurou estabelecer uma estratégia pedagógica com vista à memorização e à compreensão que envolvia o nome (dada a frequência de nomes de futebolistas da Europa de Leste), à diminuição do rendimento em função da evolução da idade – quanto mais avançado menor a velocidade...

³³¹ Este excerto remete-nos para dois aspectos marcantes na prática pedagógica deste professor: a motivação permanente de todos os alunos (com recurso permanente ao estímulo à resposta e à

Planificação das aulas e recursos utilizados

A planificação favorece a competência e o desempenho bem sucedido, diminuindo as probabilidades de insucesso (Cabral, 2001). Planear significa traçar objectivos – gerais, específicos e operacionais –, e determinar os conteúdos didácticos, as estratégias, as actividades, os recursos materiais, o tempo, o lugar do ensino-aprendizagem e o tipo de avaliação. E, nesta medida, torna menos imprevisível a acção futura, ainda que as relações humanas – e o ensino passa, muito, pelas relações que se estabelecem entre os actores sociais envolvidos – apresentem sempre um carácter incerto e não ofereçam, de antemão, garantias de sucesso. Ainda assim, a planificação favorece a competência e o desempenho, diminuindo as probabilidades de insucesso. Nesse sentido, planificar é, também, a melhor forma de nos prepararmos, de sabermos o que fazer e não fazer para sermos bem sucedidos. Ainda segundo Cabral (2001), o processo de ensino-aprendizagem pode ser planeado atendendo a quatro dimensões: professor, alunos, programa curricular e meios. O professor deve aliar a sua competência científica a capacidades de desenvolvimento de estratégias pedagógicas que se adequem a cada situação (nomeadamente aos contextos sociais e culturais dos alunos). Os meios remetem para os recursos de que se dispõem. Os programas oficiais devem ser adaptáveis aos contextos locais, sob pena de operarem como oponentes da qualidade do ensino (aprender não é fácil, sobre algo para que não se está motivado dificulta ainda mais a aprendizagem). De igual modo, o professor deverá encarar o ensino como uma actividade interessante e não como uma obrigação de profissão.

O que nos foi dado observar, em ambos os casos, é que os professores planeiam cuidadosa e exaustivamente as suas aulas³³². Atendendo ao calendário de que dispõem para cumprir o programa oficial estabelecido, traçam metas (mais ou menos flexíveis

participação nas aulas de todos os alunos, ao elogio dos seus contributos e progressos nos resultados dos testes ou em outros momentos de avaliação), e a aposta em estratégias que favoreçam diferentes tipos de aprendizagem. Como o próprio fez questão de salientar em diversas ocasiões: «*não aprendemos todos da mesma maneira!*»

³³² O que implica muitas horas de *trabalho de bastidores*, como tivemos oportunidade de testemunhar inúmeras vezes. Que envolve não só a construção das apresentações propriamente ditas, mas a análise dos conteúdos, do cálculo do tempo previsível em que a matérias serão ensinadas (antevendo tempos de pergunta/resposta e perguntas espontâneas dos alunos) mas também pesquisa sobre materiais didácticos inovadores que possam ser apresentados aos alunos. Curiosamente, toda esta planificação não eliminou a espontaneidade e a criatividade com que ambos sempre apresentaram as suas tão planeadas aulas; cremos que justamente pelo clima de diálogo entre professores e alunos, naturalmente imprevisível. E mesmo em aulas aparentemente idênticas (que tivemos oportunidade de observar na turma do 10.º ano, uma vez que uma vez por semana a turma tinha aulas repartidas em dois turnos), o resultado foi sempre diferente. O que demonstra a singularidade do acto pedagógico, próprio de cada interacção humana – única e irrepetível. O *palco* e a *peça* são os mesmos, mas os *actores* e o *público* são diferentes.

mas ainda assim orientadoras da acção pedagógica no tempo), adequadas ao contexto social e cultural dos alunos (facilitado quando se já se conhece o meio envolvente e os alunos, mas que em todo o caso se vai redefinindo e adaptando às circunstâncias, por vezes da própria aula).

O professor, que conhece melhor do que ninguém as turmas com que trabalha, conseguirá resultados muito mais concretos se for capaz de desenvolver o seu próprio material, na medida em que ao construir o seu material, satisfaz de forma mais eficaz as necessidades dos seus alunos, contempla as diferenças da sua turma e sabe como chegar a cada um. Deste modo, o processo de selecção, análise e planeamento das aulas torna-se mais verdadeiro (Kaplún, 1997). É uma prática educativa exigente para os professores, mas a que melhor potencia um ensino-aprendizagem em que há a participação activa dos alunos, despertando o seu interesse pela matéria e condicionando positivamente os seus desempenhos.

Nos casos observados, além do planeamento e preparação exaustivos das aulas, foi frequente observar estes dois professores a trocar impressões entre si, uma vez que os unem laços de profissão e de amizade, e até porque ambos conhecem muitos dos alunos um do outro) sobre tempos, métodos e meios de apresentar os conteúdos aos alunos, por forma a corresponder aos interesses e capacidades dos mesmos³³³. O que, como nos diz Bruner, requer do professor uma *combinação de conhecimentos profundos, honestidade e paciência para apresentar fenómenos físicos ou outros ao mesmo tempo de modo interessante, correcto e gratificadamente compreensível*. (2011: 45)

O acompanhamento que fizemos, quer a nível da planificação das aulas, quer da sua aplicação prática quotidiana, permitem-nos concluir que ambos os professores procuraram seguir a planificação das aulas, deixando todavia sempre em aberto todo um conjunto de estratégias pedagógicas – em muitos casos decorrentes de uma situação inesperada do momento, mas que se revelava pertinente para explicar um dado conteúdo programático. Sendo notória a preocupação, quer na planificação, quer na prática, de diversificar do tipo de estratégias e de meios utilizados por forma a ir ao encontro de várias inteligências dos alunos.

³³³ E por vezes com outros colegas do grupo de professores de ciências. A sala é, a este propósito, muito dinâmica. A sua dimensão reduzida, o número de professores e a relação entre eles opera, curiosamente, um efeito acolhedor, propício à partilha de informações e impressões sobre as aulas, sobre as reacções e dificuldades dos alunos a determinada matéria, e sobre os materiais que se vão conseguindo para apresentar aos alunos.

Uma das preocupações mais flagrantes foi a de tornar as suas exposições mais interessantes e cativantes. E para isso, num caso como noutro, para além dos meios mais tradicionais de acompanhamento da exposição oral – como o quadro (que não usam com muita frequência, senão para alguma explicação pontual, e no caso do professor Gonçalo para escrever os sumários e fazer os seus desenhos ‘*expressivos*’) – ou diapositivos, recorrem sobretudo a materiais informáticos (computador pessoal próprio, mas que usam nas aulas) em que mostram as suas apresentações ou materiais que trazem para apresentar, e ceder, aos alunos). As TIC surtem grande efeito de atractividade nos alunos de ambas as turmas. E a professora Tânia tem normalmente equipamentos de última geração, que causam algum impacto adicional nos alunos³³⁴. Mas o domínio que ambos apresentam nesta área, além de operar um efeitos de atractividade nas aulas, que preparam com cuidado, permite também reunir conteúdos de forma a constituírem materiais de estudo importante para os alunos. Sendo usual no final das aulas os alunos se juntarem à volta dos professores com os seus dispositivos para copiarem os materiais de suporte apresentados na aula para posterior estudo. Noutro sentido ainda, ambos os professores incentivam os alunos a serem eles próprios a pesquisar mais conteúdos sobre as matérias, por vezes dando apenas pistas, outras vezes guiando de forma mais concreta a pesquisa. Os excertos que agora transcrevemos do nosso diário de campo são bem ilustrativos a esse respeito.

Diário de campo, 12 de Janeiro. Numa aula sobre sismos, o professor alerta para o facto de magnitude ser diferente de intensidade. «*Falar em intensidade em Richter está errado. É um erro que aparece com alguma frequência nas notícias. A escala de*

³³⁴ Na aula de Biologia do 12.º ano, ao fazer a sua apresentação, a professora afasta-se do computador e assume uma postura dinâmica na sala, fazendo uso de um ponteiro digital laser com função de rato que lhe permite maior autonomia de movimentos. De imediato, os alunos reparam e comentam: «*Esta high tech. Isto é muito giro, brilha e tudo!* [risos]». A professora tem, de facto, equipamentos de última geração, que usa com desenvoltura nas aulas, causando impacto nos alunos. E responde-lhes «*É giro o meu ponteiro novo, não é? E prático! O Orlando [marido] é de Informática e arranja-me estas coisas giras. Eu depois no final da aula mostro-vos. Agora vejam aqui esta imagem...* » (Diário de campo, 3 de Maio).

Tanto quanto nos foi dado conhecer, todos os alunos, de ambas as turmas, tinham computador em casa. Sendo muito poucos os que não tinham internet, mas nesses casos acediam a partir da escola. Um aluno do 10.º ano dizia-nos, muito entusiasmado, certo dia que «*os meus pais no mês que vem vão pôr internet [em casa]. Finalmente! Assim, já não preciso de estar a ver aqui na escola.*» No ano lectivo anterior, tivéramos conhecimento de um estudo realizado por um professor da EB 2,3 local (onde acompanhávamos actividades de alguns professores de ciências, nomeadamente a professora Tânia), sobre a “*Web como veículo de aprendizagem*”, cujos resultados revelavam que nessa escola apenas 13 alunos não tinham internet em casa e 3 não tinham computador. Nesse estudo conclui-se ainda que “*os alunos (e os professores) gostam de ver os seus trabalhos publicados na internet. (...) Que nem sempre a página da escola está acessível, por falta de verba para mantê-la activa. (...) As TIC ainda criam problemas aos professores porque há muitos que não as dominam*”.

Ritcher não tem limite superior, é aberta. [Fala aos alunos sobre exemplos de sismos, relatando notícias nos meios de comunicação social sobre o assunto. Fala também sobre conhecimentos sobre o assunto disponíveis na internet e aconselha-os a fazer uma pesquisa sobre o assunto] *Vão ao Google³³⁵ para saber mais sobre sismos. Vejam sismos em Lisboa. Vejam, em particular, o ‘site’ do Instituto de Meteorologia e Geofísica, e cliquem em ‘sismografia’ (...)* *Já sabem magnitude: energia e intensidade: estragos.»* Para simular parte da matéria, o professor traz um copo com água e uma palhinha. Esta estratégia de ensino cativa de imediato os alunos, despertando-lhes curiosidade. «Está torta. Porquê? [referindo-se ao reflexo que dá a ilusão de a palhinha estar torta]», interroga o professor. (...) *Pensem como cientistas* [os alunos sentem-se valorizados e um responde: ‘Ah, vou buscar os óculos’, provocando a risada na sala. Após algumas aproximações à resposta, que o professor vai conduzindo de acordo com as contribuições dos alunos, conclui] *Porque água e ar são duas coisas diferentes.»* Desenha então um esquema no quadro (Figura 8.4), e explica o fenómeno.

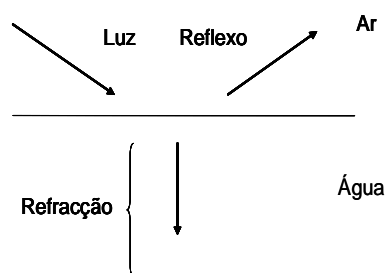


Figura 8.4: Ilustração sobre reflexo. Aula de Geologia/Biologia do 10.º ano

Num registo do nosso diário de campo de 4 de Maio, podemos ler: *estamos numa aula em que a professora e os alunos, mais uma vez, protagonizam uma dinâmica de ensino-aprendizagem marcada por um sistema interactivo de perguntas e respostas.* A propósito de um *slide* em que a professora ilustra *Agrobacterium Tumefaciens* [tumores nas plantas], refere:

«Isto é uma coisa muito gira que eu vos arranjei. Vejam este ‘site’...»

Os alunos estão bastante interessados no que a professora tem para lhes mostrar, e um deles exclama: *«Onde é que a setora vai buscar isto?!»*

Professora: *«Muitos anos de pesquisa. Isto é muito fixe! Gostavam que vocês vissem este ‘site’. Aqui aprendem estas coisas todas. Tem filmes... Mas eu não consegui copiar*

³³⁵ O Google é um motor de busca que permite efectuar pesquisas na internet.

os filmes. Mas dei-me ao trabalho de copiar 'frame' a 'frame' [para construir a apresentação que lhes está a mostrar]. Eu sou mesmo uma santa! [risos]».

Outro aluno exclama: «*Deviam erguer-lhe uma estátua.*»

Aluna: «*A setora vai ter um lugar no céu [risos]».*

Professora: «*Isto visto... Tem uma musiquinha e tudo. É muito giro! [acrescenta com um entusiasmo contagiante, mostrando uma imagem ampliada cerca de um milhão de vezes, através de um microscópio electrónico] Alta tecnologia! [enquanto explica a matéria, vai traduzindo os termos científicos, de Inglês para Português e explicando o seu significado do ponto de vista dos conteúdos da disciplina]. «...onde colocamos o ADN. Com um canhão de partículas...»*

Aluna: «*Quando é que fazemos isso, setora? [risos]»*

Professora: «*Ó, para isso era preciso muita tecnologia.*»

No final da aula, os alunos fazem fila para copiar a apresentação para os seus dispositivos de armazenamento de dados, e discutem entusiasmados as potencialidades do *site* que a professora lhes indicou.

A possibilidade de a internet ter uma função educativa, dentro e fora da sala de aula, não pode ser minimizada. Mais do que nunca, esta poderosa tecnologia de informação exerce, a par da televisão, enorme influência sobre o que as pessoas sabem e pensam³³⁶. Não subsistindo dúvidas sobre as importantes vantagens educativas advindas da generalização do acesso aos computadores e à internet, sobre a necessidade de explorar as suas potencialidades também no que à educação diz respeito, e ainda sobre o esforço que se deverá continuar a fazer nesse sentido. Conquanto, como defendido por Manuel Carmelo Rosa, é importante manter presente que embora a internet *tenha potencialidades que dificilmente poderão ser anuladas, por si só, não resolve os problemas dos estudantes que têm falta de conhecimentos básicos ou que têm professores com insuficiente formação* (Rosa, 2002).

A comunidade educativa, e em particular os professores, têm um papel preponderante a desempenhar também no que diz respeito aos processos de ensino-aprendizagem possibilitados pela internet, nomeadamente: i) no plano da orientação dos alunos (ajudando-os a distinguir a credibilidade das fontes e dos conteúdos

³³⁶ Constituinto-se também como um dos principais modos de acesso à informação e ao conhecimento. Sendo a leitura clássica de livros e jornais um fenómeno em declínio, sobretudo entre as camadas mais jovens (Sampaio, 2014). Embora, por outro lado, e paradoxalmente, tenha viabilizado um acesso mais democrático à informação, *disponibilizando material de pesquisa e de estudo para muitos estudantes, dantes privados de o obter, porque nas suas casas não era fácil de conseguir encontrar um simples livro* (Sampaio, 2011: 78).

disponibilizados; a pesquisar de forma selectiva e crítica conteúdos educativos; transmitindo valores éticos associados à propriedade intelectual³³⁷ e ajudar a transformar dados e informação em conhecimento e saber); ii) no plano da própria produção de conteúdos que sirvam os objectivos educativos das suas áreas científicas; e, iii) na exploração das inúmeras potencialidades dessa tecnologia de informação, e na sua utilização como suporte para a preparação e/ou apresentação das aulas e como reforço do conhecimento dos alunos³³⁸

As novas tecnologias de informação e comunicação (TIC) têm possibilitado a emergência de novos espaços de construção do conhecimento. Não mais a escola assume o papel do único veículo de transmissão de conhecimentos (Cruz e Carvalho, 2007). Neste sentido, é fundamental que no contexto da sala de aula se utilizem e aprendam a usar as novas tecnologias. Mas é sabido que ritmo de desenvolvimento e a rapidez com que estas tecnologias se tornam obsoletas nos nossos dias podem conduzir a que nem sempre seja possível a utilização de tais recursos pedagógicos – quer pela sua indisponibilidade nas escolas, quer pela incapacidade de muitos professores para acompanhar os avanços feitos (Cruz, 2008). Todavia, defendendo que o professor tem a missão de orientar os percursos individuais de aprendizagem dos alunos e de contribuir para o desenvolvimento das suas competências, deverá estar receptivo a aprender e a actualizar-se, e não apenas na área científica que lecciona mas também no que ao domínio das novas tecnologias diz respeito. Tal utilização e domínio, por exemplo da internet como poderoso aliado do processo educativo, remete-nos necessariamente para a questão da formação inicial e contínua dos professores, também nesta área (sendo essa uma questão que retomaremos adiante).

³³⁷ Focando nomeadamente: i) os processos de construção do conhecimento, afastando a ideia de facilitismo da produção do conhecimento (estar facilmente acessível não significa que tenha decorrido de um processo fácil), e ii) o respeito pela propriedade intelectual (estar acessível e poder ser usado na construção do nosso próprio conhecimento não significa que nos possamos apropriar de trabalho alheio como sendo trabalho nosso). O plágio de trabalhos retirados da internet tem constituído de resto um aspecto que muitos professores têm focado como negativo. A propósito, ocorre-nos um episódio que uma amiga nos contou há uns anos: «*Pela primeira vez na vida dei zero num trabalho. [...] Apresentaram-me um trabalho que foi 'copy-paste' de um artigo retirado da net. Traduziram... Não mudaram uma vírgula! Eu por acaso tinha lido o artigo há pouco tempo e comecei a achar o discurso familiar... Fui confirmar. Não queria acreditar! Eles acham que os professores não vão à net?!... Tiveram zero. Nem lhes dei hipótese [de fazer outro]... Quando me confrontaram com a nota – vê o descaramento! –, disse-lhes apenas que plágio é crime... E confrontei-os com o artigo original. É de uma desonestidade!...*» (Professora universitária)

³³⁸ Pensemos designadamente nas propostas que ambos os professores fazem em diversas ocasiões ao longo do ano lectivo aos seus alunos para que explorem fora da sala de aula determinados *sites* e programas a que podem aceder via internet, que lhes permitem aprofundar e compreender de formas antes impensadas alguns dos conteúdos da Biologia e da Geologia que aprendem em contexto escolar na sala de aula.

De acordo com Cruz e Carvalho, “os progressos tecnológicos e o contributo das ciências da educação colocam ao alcance dos professores e dos alunos ferramentas inovadoras para o processo de ensino e aprendizagem que, correctamente aplicadas, podem colaborar para a criação de um papel activo e eficaz na construção da sua aprendizagem” (2007: 246).

Em nosso entender, decorrente das observações efectuadas, duas perspectivas se equacionam a propósito da utilização das TIC na educação científica³³⁹. Por um lado, a sua utilização na escola – e concretamente no contexto da sala de aula –, como recurso didáctico multimédia de exposição e auxiliar de transmissão de conhecimentos. Por outro lado, o seu uso fora da sala de aula – eventualmente fora da escola, por exemplo em contexto familiar –, no sentido do acesso e exploração de conteúdos científicos. Operando em sentido duplo: não só do que os professores mas também os alunos podem trazer/trazem para o contexto da sala de aula decorrente das suas pesquisas. Ainda que, como a literatura tem vindo a afirmar e a observação nos confirma, um maior aproveitamento das TIC com fins educativos e instrutivos, exija que se vá além da sua utilização, por si só, necessitando que sobre ela ou sobre os conteúdos que possibilita seja necessário pensar e reflectir (Cruz, 2008).

Actualmente, os professores são convocados a dominar e a ensinar um conjunto de conhecimentos nas suas áreas disciplinares que estão em permanente actualização (questão que se coloca de forma ainda mais premente aos professores de ciências), no sentido de a educação acompanhar a complexidade que caracteriza as nossas sociedades. Também ao nível das TIC os professores são permanentemente desafiados. Por um lado, são convocados a saber utilizar e a utilizar efectivamente as TIC na preparação e apresentação das suas aulas (e conseqüentemente a ter formação nesta área, além da formação inicial e contínua nas áreas científicas em que leccionam). Por outro, compete-lhes o papel de orientador dos alunos na aprendizagem e na aquisição de conhecimento. Tal nível de exigência leva a que Ben-Peretz (2001) considere que aos professores se lhes pede, no quadro das sociedades contemporâneas – em constante mutação –, uma verdadeira *missão impossível*.

³³⁹ Porventura não substancialmente diferentes das que se colocam também a outras áreas do saber ensinadas e aprendidas na escola.

Motivação

As crianças e os jovens sempre tiveram grande curiosidade pelo mundo que os rodeia, e os dos nossos dias – muito centrados na internet, estando quase permanentemente conectados, recebendo e trocando informação, e que mais que qualquer geração anterior defendem os seus pontos de vista com entusiasmo e convicção e regra geral são frontais nessa defesa (Sampaio, 2014) – requerem por parte da escola o reconhecimento de que esse esforço de aproximação tem de ser recíproco. Como diz a professora Tânia, certo dia, em seu entender:

«Há sempre turmas más, com crianças desinteressadas e com pouca motivação para o ensino. Eu esforço-me imenso por motivá-las. E digo-te sinceramente que é uma das coisas que me preocupa no ensino, porque acho que o principal papel do professor é motivá-los para o ensino... Motivá-los ! E fazer nem que seja o pino... Acho que isso é fundamental! O professor motivar o aluno. Porque se o aluno à partida não está aberto nem motivado para receber aprendizagem não aprende absolutamente nada! Os professores têm de perceber que não são os alunos que têm de ir ter com o professor, mas o professor que tem de ir ter com os alunos. Por exemplo, no 8.º ano eu passo o tempo na rua com os alunos a dar aulas – a dar as aulas na rua – porque é um ano em que a matéria está relacionada com o ambiente. E se tu deres aquela matéria dentro da sala de aula podes esquecer o interesse e o impacto ambiental que aquele programa tem; e para o qual foi desenvolvido. Podes esquecer, porque não tem nenhum. Não estão a ver, não estão a participar activamente... Portanto, tu tens que induzir os alunos. Fiz isto e cheguei a uma conclusão muito curiosa, que é a de que maioritariamente os alunos aprendem à base de.... transmissão oral de matéria. Portanto, à base do empinção. (...) Para mim ser professora é um modo de vida. Mas a maior parte dos professores não são professores, no verdadeiro sentido da palavra. Eu acho que o ensino tem um problema grave, de raiz... E vai ser difícil dar a volta a isso... porque há uma série de professores que, à partida, já não estão abertos a mudar as suas mentalidades, e esses professores ainda vão estar muitos anos a dar aulas... O que torna difícil, em termos evolutivos, porque limita mais qualquer tipo de alteração. Eu não digo gratuitamente mal dos professores, porque apesar de tudo eu acho que o grande problema é ao nível da própria sociedade, que desacreditou os seus mestres... Só aquela frase de que 'quem não sabe, ensina', diz tudo. E isso é um problema grave. Mas é um facto que a maioria dos professores que estão aí instituídos nas escolas – efectivos – não estão por vocação! (...) Para mim, há outra questão de fundo no ensino,

que tem a ver com a questão ambiental. É o mais grave! Quando comecei a dar aulas, ainda não havia esta reforma em que eles implementaram uma grande quantidade de educação ambiental a nível dos currículos, ok? Eu sempre usei as mesmas estratégias, as mesmas técnicas que uso agora. Só que agora tenho um ano inteiro para poder transmitir apenas um currículo acerca de educação ambiental, que dantes não tinha. Dantes tinha que ser eu a ter a percepção. Eu é que tinha a percepção de qual era o momento certo para eu introduzir uma determinada questão ambiental relacionada com determinado assunto. Sempre fiz isso. Inclusivamente em áreas que tu achas que não tem nada a ver com a questão ambiental, como por exemplo a área da protecção de património geológico. E portanto eu, EU mesma, desde sempre achei que era relevante nós falarmos sobre esses assuntos. Quando foi introduzida essa questão da obrigatoriedade ambiental ao nível dos currículos, eu pensei: finalmente! (...) Para cada escola que vais – já viste que os professores não estão sempre na mesma escola? E mesmo que estejam na mesma escola, os professores têm sempre alunos diferentes todos os anos –, isso significa que o teu contexto da sala de aula muda anualmente; é sempre diferente. E isso significa que o papel do professor seja... O papel mais importante do professor não é fazer com que os alunos cheguem a ele mas ele chegar aos alunos. E portanto [o professor] deveria ter a liberdade – era importante que tivesse a liberdade para desenvolver o seu próprio currículo – adaptado àquele contexto escolar, àqueles alunos... Os alunos não têm interesse nenhum em ouvir falar de coisas que estão absolutamente fora do seu mundo. Precisam que as matérias tenham a ver com o seu meio, com o seu contexto... Um aluno de Lisboa é completamente diferente de um aluno daqui. Portanto, o professor tem sempre o papel de reconhecer o contexto perante o qual está a ser colocado, e o reconhecimento desse contexto é que lhe permite seleccionar um determinado caminho a seguir. Agora, se nós temos um manual escolar que nos limita à partida... que é completamente cego. E que contém erros! Que a maioria deles tem! Farto-me de escrever para as editoras, para todo o lado... Mas se eu tenho um livro que me condiciona o caminho que eu quero seguir, à partida estou a delimitar o interesse e a maneira como vou ensinar uma determinada coisa. Mesmo na parte experimental. Vou mostrar-te um livro que é dos piores que já vi [procura um livro na estante e mostra-me um manual da disciplina de Ciências da Terra e da Vida] É a ‘moda’ das experiências. Apresentam os conteúdos da disciplina e depois, pelo meio, umas experiências. Só que maioritariamente essas experiências não têm qualquer tipo de fundamento... Por exemplo, nesta sugere-se uma saída de campo em que o aluno tem um martelo de geólogo, um escopro, um pincel, os frascos de plástico para fósseis, etc. Bloco de notas, está bem, são obrigados a levar para qualquer visita de estudo, etiquetas... Mas isto não lhes ensina absolutamente

nada. E além disso, é um erro grave porque não está a ensinar-lhes a parte da preservação do património geológico... porque se tu vais para o campo recolher fósseis de maneira desenfreada com um martelo e um escopro na mão... Tu estás bem a ver o que é...? Imagina o que é um grupo de 30 ou 40 crianças junto a uma falésia com um escopro na mão à volta dos fósseis? Diz-me o que é que sobrava?! Portanto, isto não só é anti-pedagógico como não tem interesse prático absolutamente nenhum! Portanto, quem faz estes manuais achou que isto é bonito, é moda... Mas, concretamente, estas experiências não ensinam nada! Eu proponho um manual escolar aberto, centrado em linhas gerais orientadoras, que depois permita aos professores, após uma análise do nível intelectual dos alunos, uma análise contextual e os interesses da comunidade em que se inserem, porque ao queres igualar a cultura de todos perdes culturas locais e não cativas os alunos para uma aprendizagem sólida das matérias. Eu já propus à Associação de Professores de Biologia e Geologia fazer um manual nestes termos, mas... É um trabalho que não poderia ser pago... e as minhas colegas [com quem submeteu a proposta] não [quiseram] avançar...» (Professora Tânia)

O facto de um professor ter expectativas elevadas e optimismo face aos desempenhos dos seus alunos, não determina, só por si, os níveis de sucesso alcançados (Marujo *et al.*, 2004). Mas, seguramente, condiciona os estímulos para aprender e para melhorar. O professor que acredita na sua competência científica e pedagógica, e que tem elevadas expectativas em relação aos seus alunos – nos quais acredita perseverantemente – é, portanto, necessariamente, optimista. Tal não significa que viva na utopia do sistema de *ensino perfeito* e do *êxito absoluto de todos os alunos*, mas sim que não desiste perante os problemas e que encara os obstáculos como desafios (Estanqueiro, 2010). E, nesse sentido, defendemos que sem optimismo e determinação um professor nunca poderá ser um bom educador³⁴⁰. Um bom professor será então, acima de tudo, aquele que gosta de ensinar (e de aprender³⁴¹), do que ensina e de quem ensina, e que com isso passa para os alunos o gosto por aprender. E os alunos que gostam do seu professor e da matéria e dos seus métodos de ensino, tendem a aprender mais facilmente. É um professor que estimula um clima de sala de aula caracterizado pela descontração e boa disposição, mas onde o rigor científico do ensino, a disciplina de comportamentos, o respeito mútuo e a exigência da aprendizagem são elementos imprescindíveis na prática educativa. E esses são sentimentos que não se conseguem

³⁴⁰ No sentido argumentado por Rubem Alves: o *professor como profissão e educador como missão* (Alves, 2003).

³⁴¹ Como a esmagadora maioria dos professores que temos conhecido faz questão de salientar.

fingir. Segundo António Estanqueiro: “*Só o entusiasmo autêntico é contagiante. O professor motiva se estiver motivado. Entusiasma, se estiver entusiasmado*” (2010: 32).

A escola tem nos nossos dias mais do que possa eventualmente pensar-se, a concorrência de inúmeras formas de vida *anti-escola* que concorrem para a acção e para a construção da identidade juvenil³⁴². E nesse sentido um sistema educativo – no seio do qual o professor tem sempre um lugar de destaque –, que não equacione o papel da escola na formação da auto-estima do aluno e na construção da sua identidade falha numa das suas funções principais. Ou seja, falha a educação que, neste contexto, não equaciona a sua função além do plano da formação com fins económicos (associados ao exercício de uma profissão no futuro e à reprodução da força de trabalho), esquecendo-se da sua missão também ao nível da realização individual, que (desejavelmente) estimula os indivíduos a explorar as suas potencialidades (Bruner, 2000). Do que nos foi sendo dado observar, os elogios sinceros e os estímulos frequentes – o nunca desistir de nenhum aluno, a disponibilidade permanente para explicar e visitar o que não ficou compreendido, o afecto e a sensibilidade aos seus problemas pessoais –, cativou os alunos e incentivou-os a superar-se, funcionando como factor de motivação para a melhoria dos seus desempenhos. Os excertos do diário de campo que apresentamos de seguida são disso bem exemplificativos.

«*Sim senhora, Júlia. Estou a ver que há progressos. [A Júlia é uma aluna com menor aproveitamento e acaba de responder correctamente a uma questão difícil numa aula em que se fazem revisões para a ficha de avaliação da aula seguinte].*» (Diário de campo, 24 de Janeiro. Turma de Biologia/Geologia do 10.º ano)

A par da Júlia, a Olga também é uma das alunas com menor rendimento escolar. Teve 9 valores na pauta do 1.º período. Há três negativas – altas (9 valores) – na turma: Júlia, Olga e Pedro. O professor coloca-lhe uma pergunta e ela duvida da sua capacidade de saber responder: «*Ó setor, não chego lá...*» «*Não chegas? Chegas, sim senhora. [a aluna continua hesitante mas o professor não desiste] O cérebro é como os músculos, quanto mais os treinamos, mais conseguimos.*» Com a ajuda do professor, que lhe vai guiando o raciocínio, a Olga consegue responder correctamente. Nestas alturas o professor insiste sempre para que os outros alunos não respondam; quando muito é-lhes permitido que ajudem o/a colega, dando-lhe pistas] «*Boa Olga! Então chegaste lá ou*

³⁴² Basta pensarmos na atractividade exercida por algumas carreiras na área do desporto ou da representação – associada a fenómenos de popularidade e bem-estar económico.

não?!» [a aluna fica visivelmente satisfeita, cremos que também pelo facto de o professor acreditar nas suas capacidades] (Diário de campo, 24 de Janeiro. Turma de Biologia do 10.º ano) (Diário de campo, 7 de Fevereiro. Turma de Biologia/Geologia do 10.º ano)

O Luís é um rapaz de personalidade introvertida, mas com bom relacionamento com os colegas, e também muito cordial e simpático connosco. Habitualmente tira notas que rondam os quinze valores nos testes de avaliação desta disciplina. Numa aula em que a professora solicitou que trouxessem os portefólios, a professora faz questão de elogiar perante a turma uma característica do aluno que ela admira bastante: «*Vejam este portefólio*. [E mostra-o aos alunos]. *Vejam esta organização, o trabalho que isto dá. Que lindo que está!* [É, de facto, um trabalho minucioso de organização de materiais que o aluno recolhe a propósito das matérias que aprendem nas aulas e que compila num dossier. Além de impecavelmente limpo e organizado, contém alguns detalhes absolutamente notórios. O aluno desenha e pinta figuras sobre os temas das aulas (esquemas do corpo humano e de outros animais, plantas...). E esta é uma faceta que a professora procura salientar através de um merecido e sincero elogio. Valeu-lhe igualmente uma valoração suplementar na nota final do ano lectivo]. (Diário de campo, 3 de Março. Turma de Biologia do 12.º ano)

Avaliação das aprendizagens

No sentido de cumprir uma das suas tarefas profissionais – atribuir classificações às aprendizagens dos alunos –, os professores podem fazer uso de uma série de instrumentos que lhes permite avaliar o nível dessas aprendizagens. Genericamente, e de modo transversal a quase todas as disciplinas escolares, os instrumentos mais usuais são os testes de avaliação escrita e os trabalhos de pesquisa. Nos casos analisados, a classificação dos alunos faz-se com base num espectro mais alargado de instrumentos – claramente identificados desde o início do ano lectivo (quais os momentos e o seu peso na nota de cada período e do final do ano lectivo) e lembrados no início de cada período. Embora as notas dos testes de avaliação escrita continuem a ser em boa parte responsáveis pela classificação periódica e final nas pautas (entre 60 a 70%), estes professores baseiam-me também noutros critérios para avaliar os seus alunos – fichas de

avaliação escrita, realização de trabalhos de casa, portefólios, trabalhos de grupo (aulas), comportamento e participação nas aulas.

Numa nota que nos parece particularmente reveladora do profissionalismo destes dois professores, apresentamos alguns excertos do nosso diário de campo que nos remetem para o respeito com que tratam os seus alunos e para a transparência que consideram essencial particularmente no que toca à classificação dos alunos.

(Diário de campo de 13 de Fevereiro. Aula de Geologia/Biologia – turma de 10.º ano)
[Além de ter referido no início do período lectivo as datas dos testes de avaliação e o peso de cada um na classificação de pauta, o professor Gonçalo apresenta hoje, aquando da entrega e correcção de um teste de avaliação sumativa, numa aula exclusivamente dedicada a esta tarefa, uma postura de total respeito e transparência quanto à correcção que faz do teste de avaliação, indicando o peso de cada resposta correcta e solicitando aos alunos que, ao acompanharem a correcção oral e escrita dos testes na aula, confirmem se foram correctamente pontuados.]

Professor: *Vou dar-vos os meus critérios. Se tiverem dúvidas, digam.* (...) [Notas] *abaixo de 16 é negativo* [ri-se, começando a dizer a nota de cada aluno em voz alta, para evitar que os alunos comecem a perguntar entre todos quanto uns e outros obtiveram, evitando situações de ruído disfuncional. À chamada, os alunos vão-se deslocando até junto do professor e voltam a sentar-se, uns mais satisfeitos que outros] (...) *Basicamente, quem tinha notas altas desceu e quem tinha notas piores subiu. Há duas negativas e meia!* [a Júlia teve a nota mais baixa – 8,6; o Pedro mantém a negativa – 9,1 valores e a Olga tem 9,5 valores, que o professor considera ‘meia negativa’. As restantes notas. O Bento, a Catarina e o Raúl mantêm as classificações elevadas, acima de 16 valores, apesar de mais baixas que no teste anterior. O Marco, com lamento do professor, *porque não se esforça*, tem 13,8 valores]. *Têm dois minutos para trocar informações uns com os outros. Dúvidas, aguardem pela correcção da resposta.* (...) *Pessoal, vou começar a correcção. Vejam quanto têm* [de cotação em cada resposta] *e com o quanto eu digo que vale cada resposta verifiquem se a correcção está bem feita.* *Primeira questão. Vale 10 pontos, 2 pontos por cada uma das alíneas.* [Enquanto faz a correcção, revisita a matéria, especialmente referente às questões em que os alunos revelaram maiores dificuldades de resposta] *Vamos lá recordar esta história dos métodos directos e indirectos* [pergunta aos alunos] (...) *Vale seis pontos. Se há alternância entre fases explosivas e efusivas, também há alternância de lavas. Lavas viscosas na fase explosiva, lavas fluídas nas fases efusivas.* (...) *Sabem onde fica a Europa? A nossa escola fica na Europa... (...) ... há escoadas de lava – lava a descer*

pelas encostas – e projecção de nuvens ardentes – nuvem de cinzas. (...) Vale quatro pontos; uma resposta errada desconta uma certa (...) Isto é ciência, não é poesia, porque é que inventam? Magnitude sísmica é a quantidade de energia libertada no hipocentro [relembra que energia é diferente de força. Que a força é: $F=m(\text{massa}) \times v(\text{velocidade})$] Façam as vossas contas e digam-me se estão parecidas com as minhas!» [Entre alguns casos, poucos, em que alunos questionam a cotação obtida na pergunta x ou y, o Francisco comenta connosco e com outras colegas com quem falávamos, que *tem uma pergunta errada que o professor cotou correcta e quer ir falar com o professor, mas que tem medo que ele lhe baixe a nota. As colegas desaconselham-no. Acham que o professor vai descontar, porque ele é porreiro, mas nestas coisas não é porreiro. Se nos apanha a copiar... zero! E se vais lá dizer que está mal... Mas o Francisco vai, de facto, falar com o professor, que aprecia bastante a honestidade do aluno e lhe mantém os dois pontos de cotação da pergunta incorrectamente classificada como certa]. No final, diz-nos: «Gostei da atitude do Francisco! Viste? Vejo e revejo as classificações, mas às vezes... Por isso é que eu gosto que eles vejam sempre, porque neste caso foi beneficiado, mas podia ter sido prejudicado.»*

(Diário de campo de 30 de Março. Aula de Biologia. Turma do 12.º ano)

Última aula antes da interrupção lectiva da Páscoa. A professora leva ovinhos de chocolate para os alunos «*Mas não são daqueles... São ovos de qualidade [risos]. Vou ter muitas saudades vossas.*» Um dos alunos responde «*Setora, não lhe trouxe chapéus-de-chuva de chocolate por causa do aparelho [risos. A professora colocou um aparelho dentário há poucos dias]. Faz-se a entrega e correcção dos testes de avaliação. Alguns alunos ficam muito satisfeitos com as notas obtidas. Um deles, o Zé, diz emocionado «Estudei tanto para isto...», sentindo-se recompensado. A Zélia tem oito [em dez, porque a classificação do teste é de zero e dez] mas não fica satisfeita. Entretanto os alunos dispersam-se bastante e a professora chama a sua atenção dizendo: «Oíçam lá as minhas notas!» [vai falando das notas aluno a aluno e tentando perceber o ponto de vista de cada um deles: «Bernardo, dez [valores, referindo-se à nota que irá ter na pauta no 2.º período lectivo, agora numa escala de zero a vinte valores]... chega para ti? Isso interessa-te? (...) Não queres ir para a faculdade? (...) Jorge, vou-te dar positiva... Joana, tens média de 13... Vou dar-te 15, porque és excepcional em termos de trabalho. Marina. Tem média de 15,4. Vou dar-te um 16. (...)] [A professora aproveita para informar os alunos sobre as actividades do 3.º período, dizendo que da página 246 à 258 do livro será para ser apresentado, aleatoriamente, por eles, oralmente e/ou com suporte técnico à sua escolha, na sala de aula]. *Façam os exercícios do livro e do livro de exercícios. A avaliação do terceiro período será composta por duas fichas e um teste**

globalizante – tipo exame nacional. Eu vou ter muitas saudades de vocês, gosto de vocês, e só tenho pena que os resultados não sejam melhores [lamenta, porque alguns alunos têm notas que não servem os seus interesses académicos futuros, e alguns ponderam anular a matrícula. Alunos e professora tiram fotografias uns com os outros.]

«Quem tem dez e quer melhorar, tem estes quinze dias... É fundamental que estudem muito neste período sem aulas, porque o 3.º período passa num instante, e depois têm os exames. Estudem agora. Estes quinze dias são uma oportunidade única! Vocês é que sabem, mas é um esforço que depois vale a pena». Os alunos aproveitam para discutir estratégias e possibilidades sobre se vão a exame na primeira ou segunda fase, se anulam a matrícula na disciplina... E um dos alunos com melhor aproveitamento confidencia a um colega: *«Todos, se estudarem, tiram boa nota».* O Zé, que retirou o aparelho dos dentes há dias, dá um toque de humor à conversa: *«Vou desforrar-me! Vou repor os meus níveis de açúcar»*, provocando a risada geral. (...) [A professora remata *«Não se esqueçam: caderno de exercícios – desde o sistema imunitário até final – [páginas] 246-258. O 3.º período é um mês e meio, em que temos duas fichas temáticas e um teste. Boas férias! Gosto muito de vocês!»*]

«Desde o meu ano de estágio que faço sempre uma ficha – que tenho vindo a desenvolver ao longo dos tempos – com várias questões que eu coloco aos alunos... Porque eu quero mesmo saber... Eu quero mesmo ser a professora perfeita! O mais perfeita possível! Bom, podes achar que eu estou a ser muito utópica – ou muito arrogante – mas não me interessa. Esse é o meu objectivo! E mesmo que não o atinja, mesmo que ele esteja lá muito longe, todos os meus passinhos vão ser dados naquela direcção. Sempre! Até ao... E então fiz uma ficha onde os alunos dizem como vêem o ensino, o professor... Primeiro, fazem uma auto-avaliação, baseada numa série de parâmetros – que é obrigatório mesmo em termos de ministério... E depois então faço sempre uma fichinha... Porque eu sempre exigi que os meus alunos me avaliassem a mim! Não só o meu desempenho como professora, mas a maneira como eu me relaciono com eles, se eles acham que é bom, se tem influências no ensino... Para saber onde devo melhorar. E depois faço uma análise exhaustiva das respostas. Faço gráficos e tudo. Eu sou maluca a esse ponto. No ano passado fui apresentar esta ficha lá na escola [EB 2,3 do agrupamento desta escola secundária], porque na escola não havia lá uma ficha destas. E na reunião [de professores] foram levantados imensos problemas, porque a maioria dos professores não estavam interessados que os alunos os avaliassem. (...) Nem que seja só para eles próprios, para terem uma noção do que são enquanto professores. Ninguém defendeu a importância de os alunos avaliarem o professor. Ninguém me apoiou. Nem a Vanda! [mentora do projecto ‘Ciência com os

mais novos', ver capítulo 7] E, conclusão, a parte da avaliação dos professores não avançou. Mas o meu coordenador disse-me que se eu quisesse fazer, deixava-me fazer com os meus alunos. Vá lá... já não é mau. (...) Sim, os alunos reagem muito bem. Obviamente, é anónimo, para que sejam o mais honestos possível. Tenho imensos guardados. Se quiseres, um dia mostro-tos.»

«Eu considero as avaliações [dos professores aos alunos] muito subjectivas... A avaliação [actual] é uma coisa que devia ser posta em causa. Até que ponto é que tu podes avaliar um aluno apenas por um exame? Ou sessenta por cento por um teste? Há tantos outros parâmetros de avaliação, que são postos a um nível tão pequeno... E que não permitem, efectivamente, um escalonamento de um aluno a um nível mais alto... O que, para mim, torna a avaliação errada. Muito errada.» (Professora Tânia)

Autoridade e disciplina

No século XXI, *a disciplina consegue-se olhos nos olhos, com estímulo e recompensa* (Sampaio, 2011: 38). As práticas educativas em matéria de controlo da disciplina dos alunos e exercício da autoridade pelo professor apontam no sentido da flexibilidade e da possibilidade de escolha. Ou seja, na elevada capacidade de compreensão do ponto de vista dos alunos, sem prejuízo de exigência ou hesitação sobre a importância do cumprimento de regras; numa tentativa de equilíbrio entre a observância de regras claramente estabelecidas e a compreensão de pontos de vista dos alunos (Ibidem). Esta é, todavia, uma matéria sobre a qual não existe consenso, havendo quem argumente contra tal posição, classificando-a como um *excesso de compreensão psicológica*, com consequências negativas na autoridade do professor e no controlo disciplinar dos alunos³⁴³.

O fenómeno da indisciplina e da violência na escola não é recente, embora se tenha vindo a fazer notar nos últimos anos. Sabe-se que resulta de uma conjugação de factores – como o ambiente familiar e a origem social dos alunos, a organização da escola ou as práticas pedagógicas. Sabe-se também que a indisciplina na sala de aula prejudica o ensino e a aprendizagem; dificultando a missão de quem quer ensinar e de quem quer aprender. Há quem atribua a responsabilidade dos casos de violência e de

³⁴³ Para uma análise sobre o assunto, v., por exemplo, Crato, N. (2005), *O 'Eduquês' em Discurso Directo. Uma crítica da pedagogia romântica e construtivista*, Lisboa, Gradiva.

indisciplina dos alunos a uma crise de valores na sociedade, a uma demissão das famílias em educar as crianças e jovens ou ainda a políticas educativas permissivas. Não estarão porventura completamente errados. Ainda assim, perante este cenário compete aos professores conquistar o respeito dos seus alunos não apenas com base no seu estatuto profissional e na sua autoridade, mas também, e sobretudo, na sua competência científica e pedagógica (Estanqueiro, 2010).

Durante o período em que permanecemos na escola³⁴⁴, não observámos muitos casos de indisciplina ou violência, sendo um dos aspectos que os professores mais salientaram como de *difícil controlo* o de manter os alunos atentos e o clima da sala de aula com níveis de ruído que permitam o normal desenvolvimento da aula, durante noventa minutos. Alguns episódios particulares justificam ainda assim que sobre eles nos detenhamos. Não nos sendo possível neste trabalho aprofundar a análise desta vertente do ensino em toda a sua complexidade, propomos uma reflexão do ponto de vista estrito das estratégias pedagógicas adoptadas pelos professores quanto ao exercício da autoridade e controlo da disciplina na sala de aula.

[No dia 12 de Janeiro, a Olga, a Joana e a Ana – três alunas com menor aproveitamento escolar, nesta como nas restantes disciplinas, mas que nunca tinham apresentado até ao momento problemas de indisciplina nas aulas, além de alguma desatenção e conversa entre si em algumas aulas – batem à porta e, entre muitos risos, pedem licença para entrar na sala quando a aula já está a decorrer há algum tempo. O professor concorda e as alunas sentam-se. O professor retoma a aula, mas rapidamente o comportamento das três alunas evidencia embriaguez, com descoordenação motora e risos que captam a atenção de todos. Entretanto, a Olga começa a sentir-se mal e pede para ir à casa de banho. O professor pede às duas outras alunas que também vão com a colega. Enquanto saem com a colega em braços, alegam tratar-se de uma indisposição *por ter terem comido lasanha estragada*. O professor apercebe-se dos reais motivos da indisposição da aluna e fica visivelmente preocupado com a situação, embora não o comente

³⁴⁴ Bem como em qualquer das outras escolas em que tivemos oportunidade de observar factos e feitos sobre o ensino da ciência. Embora seja de assumir que existam, ainda assim não visíveis num primeiro olhar, já que os comportamentos indisciplinados são frequentes e existem em muitas escolas. Sendo aliás apontados comumente como um dos factores mais negativos da profissão, segundo os profissionais de educação (Estanqueiro, 2010). Façamos porém uma distinção entre casos de indisciplina (que envolvem um número elevado de alunos e remetem, por exemplo: para comportamentos que geram *ruído não funcional* que impede o normal desenvolvimento das aulas, não trazer material de trabalho, não colaborar nas tarefas que o professor propõe ou usar o telemóvel na sala de aula (Dias, 2007)), e casos de violência (que passam por agressões físicas e ofensas a colegas e/ou professores, que são menos frequentes e envolvem menor número de alunos).

abertamente com a turma – por tudo o que envolve do ponto de vista da sua saúde e também disciplinar (tanto mais que é o director de turma). Entretanto, a turma oscila entre um misto de gozo, crítica mas também de preocupação com as três colegas «*Lasanha estragada, sim, sim...*», «*Estas miúdas não sabem beber...*» [risos]». Passados alguns minutos, em que se tenta retomar a aula, mas durante os quais visivelmente o professor está a tentar mas tem dificuldade em concentrar-se, pede-nos: «*Eugénia, não te importas de ir ver como é que as miúdas estão, por favor?*» Concordamos, naturalmente, até porque nós próprios estamos preocupados. Entramos na casa de banho e as três alunas estão deitadas no chão. Já tinham vomitado e estavam mais calmas, apesar de ainda visivelmente alcoolizadas. Não deixam de se sentir as três constrangidas, porque nos conhecemos não há muito tempo e porque, mais uma vez, o nosso estatuto particular, naquela situação, se lhes assemelha inicialmente mais próximo do de um adulto que as irá criticar e penalizar pelo seu comportamento. Visivelmente constrangidas, asseguram-nos (sem que nada perguntemos além de ‘*como se estão a sentir?*’ e ‘*precisam de ajuda? Que chame assistência médica?*’), apressam-se a justificar a situação com o facto de terem comido lasanha estragada. Entretanto, as auxiliares de educação também já tinham notado a situação e oferecem-se para socorrer as alunas. Não se sentindo capazes de voltar à aula, e a Júlia pede-nos para interceder junto do professor para que não lhes marque falta. Como as auxiliares, numa atitude quase maternal («*Ai, estas meninas, não têm juízo. Onde é que já se viu... Não se preocupe que nós ficamos com elas.*»), asseguram vigilância às alunas, apressamo-nos a voltar à sala, para tranquilizar o professor (e a turma), que fica bastante aliviado e nos agradece a colaboração. Aos alunos o professor, nesta aula, refere apenas «*Eu também já tive quinze anos. Tenham cuidado com estas situações.*», pretendendo alertar para os perigos do consumo de álcool. No final da aula, certifica-se de que as alunas estão bem. E, estão de facto, visivelmente melhor. O professor diz-lhes que falarão sobre o assunto quando estiverem recuperadas. No início da aula seguinte, as alunas tomam a iniciativa de falar com o professor e de lhe pedir desculpa pelo sucedido. Agradecem-nos também a ajuda e asseguram que *jamais se repetirá*, embora insistam no argumento de que a ‘*lasanha estava estragada*’. O professor resolve dar-lhes o benefício da dúvida mas alerta-as para o facto de que terá de informar os encarregados de educação de que *terão passado mal* durante a aula. A Olga diz que já disse à mãe que vomitou na escola. A Júlia prevê que irá ter problemas com a madrasta. Depois, em conversa privada connosco, o professor explica que se trata de uma *situação delicada*, porque ainda por cima é o director de turma e que espera que não haja grandes consequências para as alunas. Não tivemos conhecimento de sanções disciplinares por parte da escola.

Em algumas aulas ao longo do ano, o professor, volta a focar o assunto, falando sobre ressaca e sobre as consequências da ingestão de bebidas alcoólicas, sobretudo em idades precoces, normalmente em articulação com a matéria. Referindo-se, por vezes, às *consequências da ingestão de 'lasanha estragada'*, mas que todos subentendem. Os próprios colegas, numa atitude provocatória, mas que as alunas parecem aceitar e da qual se riem também, por vezes também comentam a situação na aula. A este propósito, numa nota do nosso diário de campo de 18 de Janeiro podemos ler que quando na aula se falou sobre envelhecimento, os alunos começam a conjecturar sobre situações futuras, e concretamente sobre como irão recordar os tempos destas aulas, e o Marco imagina uma conversa que terá, *já muito velhinho*, com a colega Olga: «*Olga, lembra-te da 'lasanha estragada' na aula do falecido professor de Biologia?*» Todos se riem, incluindo o professor e a aluna visada. Não voltaram a ocorrer situações desta natureza ao longo do ano lectivo, e as alunas assumiram uma postura muito mais responsável, e até atenta nas aulas de Geologia/Biologia.

Como director de turma, ocasionalmente o professor começa a aula por referir alguns assuntos da turma relacionados com outras disciplinas, nomeadamente relembrando os testes que se aproximam, as notas que precisam de ser melhoradas, assiduidade (nas aulas de apoio) e problemas de indisciplina. Os excertos que transcrevemos de seguida elucidam alguns dos aspectos que envolvem a actividade de um director de turma, designadamente no que se refere ao acompanhamento dos alunos e do controlo de comportamentos indisciplinados.

«*Para a semana como estão de testes? (...) Segunda-feira e quarta-feira. Português e Matemática. (...) E Filosofia, Físico-Química e Inglês? (...) No 3.º período, têm um teste e um trabalho – que vale 20% da nota do 3.º período. Dia 23 de Maio têm um mini-teste, sobre órgãos do sistema circulatório; morfologia do coração (coração, veias, artérias, capilares), morfologia dos vasos sanguíneos, diferenciação entre sangue e linfa, diferença entre fermentação e respiração [os alunos protestam e o professor responde] Pessoal, matéria do 9.º ano.*» (Diário de campo, 15 de Maio)

«*Rui, andas a esconder notas aos teus pais. [O professor diz-nos depois da aula que o aluno está um pouco desenquadrado porque se mudou este ano e que aproveita as aulas para fazer amigos, e que isso se está a reflectir nas notas, sendo que está a esconder do pais os resultados a Matemática, que não têm sido bons. «Falei com os pais. Ele tem explicações [de Matemática] – os pais pagam um balúrdio! E eu fiz uma proposta para [que ele tenha aulas de] apoio, e os pais estranharam bastante essa situação.*» (Diário de campo, 31 de Janeiro) [No dia 28 de Março] «*Rui, parabéns pela nota de Matemática. Ouvi dizer que subiste [as notas nos testes], que tem valido o*

‘apertão’. Se precisares de mais um ‘aperto’ é só dizer, que eu falo com os teus pais. Nós queremos é que tires boas notas. (...) E por que é que andas a faltar aos apoios? Faltam sem justificação e perdem o apoio.»

[A relação dos alunos (não só desta turma, mas de todas as que lecciona) com a professora de Inglês, é problemático e pauta-se por comportamentos indisciplinados, que ao longo do ano o professor Gonçalo aborda, na sua qualidade de director de turma. No dia 28 de Março, começa a aula dizendo: *«Eu já tinha muitas emoções hoje* [referindo-se ao facto de o seu clube de futebol jogar naquele dia. A conversa dispersa-se até uma série televisiva cujo interesse é partilhado por alunos e professor – *Lost* e o professor prossegue] *Júlia, já tens as unhas bem arrançadas?* [fazendo alusão ao facto de a aluna ter sido apanhada a pintar as unhas na aula de Inglês e de por isso ter tido falta disciplinar e ter sido convidada a abandonar a sala] *Devias poupar-me trabalho a mim e problemas a ti.* [As aulas de Inglês continuam a ser problemáticas do ponto de vista disciplinar. De acordo com o professor Gonçalo, *a colega ‘está com uma depressão, falta bastante e quando regressa rapidamente ela e os miúdos chocam*³⁴⁵, não sabendo ele muito bem como *gerir a situação, mas que tem de falar novamente do assunto com alunos, porque é o director de turma e tem de alertá-los no sentido de perceberem que têm de respeitar a professora e de se comportar correctamente também nas aulas de Inglês.* Nestas alturas alguns alunos falam espontaneamente connosco sobre o sucedido, dizem-nos que *«ninguém da turma gosta de professora, daí os problemas de indisciplina acontecerem»*]. O Marco, por exemplo, que nessa aula está sentado ao nosso lado [senta-se também sempre nas filas traseiras e nesse dia diz: *«Hoje, vou-me sentar aqui ao pé da minha colega.»*] diz-nos *«Eu sou assim, o que é que quer? Eu não gosto dela* [da professora de Inglês]! *Só gosto quando deixa sair mais cedo. Eu no ano passado tinha noventa e tal* [porcento]! *Era o melhor aluno. Agora o que tenho no máximo é 14* [valores]! *É muito nervosa! Não gosto dela!»* Certo dia, durante um intervalo, uma auxiliar diz-nos *«Hoje está cá a professora de Inglês. A professora falta muito, e quando vem, vai embora a meio da aula.»*

Nos registos do nosso diário de campo de 27 de Abril, podemos ler que o Bento [um aluno bastante extrovertido, que tem uma boa relação com o professor dentro e fora da sala de aula] faz uma intervenção sobre a matéria mas expressando-se em calão [como noutras ocasiões já o fizera, e nalgumas delas com a subsequente indicação do professor para melhorar a linguagem]. O professor ouve a sua intervenção e depois faz uma

³⁴⁵ Noutra ocasião, o professor Gonçalo, adepto da prática desportiva, diz-nos: *«Hoje vou jogar futebol com os miúdos. Não estou a ver a professora de Inglês a fazer isso... [risos]»*, numa alusão à relação que tem com os alunos. Ainda assim, parece-nos que professor e alunos assumem papéis que não confundem um e outro contexto de interacção.

referência ao facto de a resposta estar correcta mas refere também que o aluno usa excessivamente a linguagem calão e que isso o prejudica, podendo ter melhor aproveitamento se fizesse um esforço por *falar bom Português. Eu sei o que tu queres dizer, mas vais fazer um exame e...* O aluno tem uma reacção brusca e impensada, que causa estranheza e constrangimento na sala, dada a sua natureza extrovertida e bem disposta, recorrendo a uso de baixo calão: «*Não sei falar?! Ó pá, #\$\$%\$.*» O colega de carteira diz-lhe: «*Ó Bento, passaste-te?*» Fica visivelmente envergonhado com a situação, mas não pede desculpa, nem ao professor nem aos colegas. Instala-se o silêncio na sala, expectante pela reacção do professor. O professor permanece uns segundos em silêncio também, claramente a pensar sobre como reagir perante esta atitude inesperada e irreflectida do Bento – aluno que conhece bastante bem. Quando se dirige ao aluno, fá-lo num tom calmo mas assertivo: «*Eu não disse que não sabes falar. O que eu disse é que isso não é Português. Alguém percebeu o que ele disse? Como teu amigo, tenho dois conselhos: reduzir o calão, e depois pensar antes de falar e ver com quem é que estás a falar. Podia mandar-te lá para fora...*» O aluno responde, num tom desafiador, mas simultaneamente melindrado: «*Força.*» O professor conclui: «*Mas não vou fazê-lo...*», prosseguindo a aula. O aluno permaneceu em silêncio o resto da aula [enquanto alguns colegas comentavam à surdina: «*Passou-se...*», «*Teve sorte.*» «*Com este professor, pá, que é um porreiro...*»] Nas aulas seguintes o aluno manteve-se sempre calado, contrariamente ao habitual, e quando regressou aos seus comentários, fê-lo sempre de forma assaz eloquente (cremos que numa atitude de demonstrar ao professor que *sabe falar*, e certo dia tendo até uma atitude provocatória de perguntar *se assim era Português*. O professor não respondeu. Aos poucos, o aluno voltou a participar activamente nas aulas, voltaram a jogar futebol, e que saibamos nunca mais se falou sobre o assunto. Em conversa connosco, na aula do sucedido, o professor mostrava-se bastante surpreso e triste, e cremos até que ofendido com a atitude do aluno. Considerando que *empolar a questão*, levantando um processo disciplinar ao aluno seria, naquele caso, excessivo «*porque eu conheço o Bento. É um miúdo cinco estrelas. O problema dele é que às vezes não pensa... Não pensa antes de abrir a boca, de ver com quem está a falar... Esquece-se que está na aula, e fala como se estivesse lá fora. Ele está arrependido. Viste a cara dele?* [concordamos]. *Não sei se alertá-lo assim [perante a turma]... mas estou farto de lhe dizer para ter cuidado com a linguagem... Nos testes é a mesma coisa. E tem dezasseis [valores] quando podia ter muito mais se... Bom, agora sabe que pisou o risco... e que não vai haver uma segunda.*»

[Uma aluna está a usar o telemóvel na sala de aula e o professor apercebe-se, quando está estipulado que não o podem fazer.]

Professor: «*Cuidado com telemóvel, Marina.*»

Aluna: «*Estou só a ver as horas.*»

Professor: «*Eu também sou um grande mentiroso.*»

Aluna: «*A sério.*»

Professor: «*Eu também!* [risos]»

[A aluna guarda o telemóvel no bolso e não volta a utilizá-lo nas aulas.]

(Diário de campo, 16 de Maio. Aula de Biologia do 10.º ano)

Noutras ocasiões, em que os alunos estão cansados e desconcentrados, o professor permite uns minutos de descompressão que parecem surtir efeito sobre a concentração dos alunos: «*Pessoal, não estão a ouvir nada. Dois minutos para descomprimir...* [dizem-se umas piadas, falam entre si e com o professor sobre o que lhes ocorre]. Findos esses breves minutos, a aula retoma com clara melhoria dos níveis de atenção dos alunos. No final da aula o professor diz-nos: «*Isto às vezes não é fácil para eles. Nem para mim. É a última aula. Estão cansados.... Pára-se aqueles dois minutinhos e estão preparados para mais matéria. E esta não é fácil. E também estar ali a insistir com eles, para depois na aula a seguir ver que não perceberam nada...*» (Turma de Biologia do 10.º ano)

[A pouco mais de metade de uma aula de noventa minutos, perante sinais de desatenção cada vez mais visíveis, com os alunos a falar uns com os outros e claramente desatentos, a professora afirma: «*Calma. Agora vamos descontrair um pouco... Para mim também não é fácil... Sabem porque é que não devemos comer macacos do nariz?*» [Os alunos começam a rir, e entre algumas atitudes de nojo, mas todos minimamente interessados, exclamam] «*Ó setora, que nojo!*» A professora dá então uma explicação relacionada com o facto de as narinas terem uma função, associada à respiração, mas também terem a desvantagem de ser uma porta de entrada para microorganismos nocivos para a nossa saúde, pelo que os pêlos do nariz têm uma função protectora de detecção e retenção das impurezas. E vai dando pormenores hilariantes como os relacionados com o alegado sabor dessas impurezas, que operam como factor de descompressão dos alunos, lhes vão despertando curiosidade científica sobre o assunto, e a um diálogo que aos poucos lhes permite voltar à matéria da aula, uns minutos depois. «*Iiiiiiiiiiiiiiiii, ó setora, que nojo!* [risos]» «*Sim, temos várias formas de proteger as zonas que estão em contacto com o exterior. (...) Sim, a acidez da vagina ou do estômago também são defesas do nosso organismo. Por isso é que as mulheres não se devem lavar com aqueles produtos todos cheirosos mas que destroem as nossas defesas naturais.*» (Diário de campo de 26 de Janeiro. Aula de Biologia. Turma do 12.º ano)

Em suma, o que as observações nos permitiram concluir a respeito da autoridade destes professores e do seu controlo da disciplina na sala de aula é: por um lado, a existência de um meio-termo entre o autoritarismo e a permissividade. Os alunos, tal como os professores, não são iguais entre si, sequer agem da mesma forma todos os dias. O que nos foi dado observar é que estes professores, conhecendo os seus alunos, levaram em linha de conta circunstâncias (atenuantes ou agravantes) dos comportamentos dos alunos, que pesaram no momento da decisão sobre como actuar. E, por outro lado, demonstraram a capacidade de reflectir e avaliar sobre os episódios específicos de comportamento indisciplinado dos alunos. Estes professores revelaram, acima de tudo, em cada momento, que respeitam os seus alunos, mas que se fazem também respeitar, demonstrando assertividade nos momentos certos (por contraponto a uma postura autoritária ou passiva). O que, parece-nos, remete para a noção de que, também a nível da autoridade do professor e do controlo que este faz da disciplina na sala de aula, não há *receitas* ou *fórmulas únicas*, devendo o exercício da autoridade do professor depender, sobretudo, do seu bom-senso para avaliar cada situação particular, podendo variar de professor para professor, de turma para turma e até de aluno para aluno³⁴⁶.

A missão do professor de ciência

*A missão do professor não é dar respostas.
As respostas estão nos livros, estão na internet.
A missão do professor é provocar a inteligência,
é provocar o espanto, é provocar a curiosidade.*

Rubem Alves

Papel do professor

O que os alunos aprendem sobre ciência é fortemente influenciado pela forma como são ensinados. As decisões que os professores tomam quanto à forma de transmitir os

³⁴⁶ Naturalmente, não nos referimos a uma lógica de diferenciação dos alunos (com medidas favorecedoras de uns e penalizadoras de outros em circunstâncias idênticas, ou de desresponsabilização de comportamentos incorrectos; o que, de resto, julgamos não ter observado), mas sim a que os alunos reagem de forma desigual ao controlo dos seus comportamentos indisciplinados, e isso pode e deve ser levado em linha de conta em cada caso concreto pelo professor que conhece os seus alunos.

conteúdos e às actividades que desenvolvem, a sua interacção com os alunos, os hábitos de pensamento e as atitudes, deliberada ou indeliberadamente, afectam o conhecimento, a compreensão, as capacidades e as atitudes que os alunos desenvolvem (*National Research Council, 1996*). Com efeito, constatámos que conduzir os alunos a um conhecimento científico crescentemente complexo (o qual requer não só o domínio de ideias sobre ciência, mas também da relação entre essas ideias e de formas de usá-las para explicar ou prever outros fenómenos), pressupõe um esforço permanente dos professores em orientar, focar, desafiar e encorajar a aprendizagem dos alunos. Os casos estudados permitem-nos, se não demonstrar, pelo menos argumentar que os professores interessados e entusiastas, que gostam de ciência, de ensinar (e de aprender!), que são curiosos e têm atitudes de abertura à ciência (e também de pensamento crítico face à mesma) encorajam e instigam os seus alunos a atitudes semelhantes.

Noutro sentido, o comprometimento destes professores face ao ensino da ciência passa também pelo estabelecimento de relações sólidas e sustentadas com os seus alunos. São, reiteramos, professores que gostam de ciência, de ensinar ciência e das pessoas a quem a ensinam. Mas esta relação, para além do aspecto afectivo, baseia-se também fortemente na sua preocupação em estarem atentos e compreenderem o que são as visões e as experiências dos alunos sobre a ciência. É uma tarefa nem sempre fácil, porque cada turma é diferente, cada aluno é único, mas essa foi uma preocupação transversal a todos os professores, e particularmente notória nos casos que acompanhámos de forma mais sistemática e que apresentamos neste capítulo. A par de um sentimento de elevadas expectativas face às capacidades dos alunos, numa lógica de que todos devem, podem e conseguem aprender algo sobre ciência. Ainda que, naturalmente, os progressos e os resultados sejam produto, também, das idiosincrasias dos actores sociais envolvidos e dos seus contextos.

Foi-nos dado observar que uma reforma do sistema educativo, ou seja, um cenário de mudança em educação, levanta necessariamente duas questões principais: i) quem são os agentes de tal mudança?; e, ii) como é que essa mudança é planeada, gerida e implementada?

A primeira questão remeteu-nos para o papel do professor. Não desprezando a importância da acção e da participação de todos – desde decisores políticos, famílias, comunidades, e todos os que de modo individual ou institucional podem ter uma palavra a dizer e uma acção activa no que ao ensino da ciência diz respeito. Mas, como salientado por Rodrigues e Lima-Rodrigues (2011), o papel dos professores, enquanto

profissionais dotados de uma assinalável autonomia e possibilidade de opção e acção, é fundamental. Subscrevemos também os autores quando afirmam que os professores não podem ser entendidos como *funcionários*, no sentido de profissionais inseridos numa cadeia hierárquica cumprindo instruções precisas; nem como *técnicos*, na medida em que não exercem uma prática inquestionável, através da qual resolvem os problemas através de metodologias claras. Trata-se, na verdade, de uma profissão muito mais complexa, que implica fazer a gestão de um currículo, e deverá permitir uma multiplicidade de opções e caminhos possíveis.

A resposta à segunda questão encontramos-a na autonomia com responsabilidade – dos professores e das escolas (Bertrand e Valois, 2004; Sampaio, 2011; Grilo, 2002). Implementar a mudança, planeando e gerindo as práticas é viável num contexto de autonomia e possibilidade de escolha. Detenhamo-nos no caso do professor: tal implica que o professor pode tomar decisões acerca das várias possibilidades de desenvolver o seu trabalho. E esta autonomia apresenta, segundo David Rodrigues, uma consequência muito importante: a de que, se o professor puder optar, tenderá a adoptar as mudanças que julgue efectivamente justas, úteis e eficientes para a melhoria do seu trabalho e do desempenho dos seus alunos³⁴⁷ (Rodrigues, 2008). E, nesse sentido, os professores deverão ser sempre encarados como parceiros fundamentais em qualquer reforma educativa, seja na fase do arranque, seja na do seu desenvolvimento (Rodrigues e Lima-Rodrigues, 2011).

Noutro sentido, constatámos que o papel do professor está (desejavelmente) em mudança. Do professor dos nossos dias não se espera que seja o transmissor de conhecimentos a um grupo de alunos, que o ouve passivamente e que depois é avaliado em testes de avaliação escrita ou oral, com base no que ouviu ou leu nos apontamentos que o professor facultou. O professor já não é, também, a única fonte de informação e conhecimento a que os alunos têm acesso³⁴⁸. O papel do professor parece assentar muito numa função de orientador dos alunos na aprendizagem e na aquisição de conhecimento. Tal não é contrário à ideia de uma realidade quotidiana da sala de aula em que o professor transmite matéria; o que se ressalta é que fá-lo em moldes muito diferentes dos tradicionais, que o distanciam, portanto, de uma relação de domínio

³⁴⁷ Assente na condição privilegiada de quem vive a realidade educativa das escolas quotidianamente, de quem conhece a escola onde trabalha e os alunos que ensina, ou seja, na condição de actor privilegiado da realidade sobre a qual se pretende operar a mudança.

³⁴⁸ Os alunos não são, também, os espectadores passivos de outrora. Anseiam participar activamente, pesquisar, encontrar respostas às perguntas, como testemunhámos, em abono da extensa literatura que o vem afirmando (Sampaio, 2011; Cury, 2013).

absoluto do saber do professor face aos alunos, descrito num clima da sala de aula assente num contexto de diálogo e de permanente fluxo de ideias entre o professor e a turma. Onde o professor é flexível à dinâmica que os alunos imprimem à aula nestas circunstâncias (sem que perca o controlo quer a nível comportamental dos alunos quer a nível de uma sequência lógica da aula que planeou antecipada e rigorosamente do ponto de vista científico dos conteúdos transmitidos), e permeável aos contributos que os alunos trazem para a aula, a propósito do que viram na televisão ou na internet, do que discutiram em casa com a família ou das experiências que vivenciaram. É, também a este nível, um grande desafio que se coloca aos professores; e só um professor seguro das suas competências científicas e pedagógicas se atreve a encetar tal mudança. E também humilde perante as suas limitações. Veja-se um breve excerto do nosso diário de campo, em que o professor Gonçalves, que é sistematicamente confrontado com as questões desafiantes ao seu conhecimento científico em Biologia e Geologia: O Bento pergunta: «*Setor, na pinocitose, o 'pino' quer dizer o quê?*» O professor não sabe e não hesita e sem embaraço responde: «*Boa pergunta. Tenho de ir ver. Na próxima aula digo-te.*» (Diário de campo, 7 de Março)

Naturalmente, a qualidade da educação científica depende de muitos factores (que em termos macro podemos associar, grosso modo, às políticas educativas e aos recursos investidos, e ao desenvolvimento social e cultural das sociedades), é responsabilidade directa de alguns (desde logo, dos seus intervenientes mais directos: professores e alunos) e tarefa (desejavelmente) de muitos (se não de todos, mas de que destacamos as famílias e as comunidades envolventes). Mas seja qual for o rumo que se pretenda seguir, parece-nos evidente que nunca se poderá desprezar o papel do professor como agente decisivo para a mudança.

Nos trabalhos realizados ao longo de vários anos, em contacto directo com escolas dos vários níveis do ensino básico e do ensino secundário, públicas e privadas, de Norte a Sul do país, assim como nos estudos de caso que apresentamos e discutimos neste capítulo, não encontramos um perfil único de um bom professor de ciências. A educação em contexto real nunca está confinada a um modelo de aluno, de professor ou sequer de ensino (Bruner, 2000, Dias, 2007). Mas encontramos, comprovadamente, muitos casos de boas-práticas.

Na sala de aula, professores e alunos interagiram com o propósito de realizar aprendizagens através de uma relação pedagógica única, numa relação mais ou menos

próxima, consoante as estratégias delineadas³⁴⁹ com outros níveis de formalidade do ensino-aprendizagem da ciência. As práticas pedagógicas que observámos são reflexo do que aqueles professores consideraram como mais adequadas ao(s) aluno(s) e à(s) sua(s) turma(s), transmitindo inevitavelmente uma concepção do que o entenderam por pedagogia eficaz naquele contexto particular. Tivemos o grato privilégio de conhecer e acompanhar bons professores de ciências (julgamos estar em condições de afirmar que muitos mais haverá, ainda que, em boa verdade, defendamos que todos os deveriam ser, em virtude da importância da sua missão na formação das gerações mais novas). Constatámos ainda a necessidade de não nos precipitarmos a excluir da prática educativa tudo o que tradicionalmente a caracteriza, sob a convicção do que se julga serem os caminhos mais inovadores e promissores. Os casos analisados conciliam, do nosso ponto de vista de forma assaz pertinente, abordagens e práticas tradicionais com métodos e recursos inovadores. Marcados por uma profunda alteração na relação professor-aluno – que revela autoridade sem autoritarismo, transmissão de conhecimento mas baseada no diálogo entre professor e turma em vez do monólogo do professor, bidireccionalidade de in-puts de conhecimento em vez do saber centrado exclusivamente no professor, diversidade de fontes e formas de conhecimento, estratégias pedagógicas diversificadas adaptadas a diferentes tipos de aprendizagem, o papel do professor não apenas como transmissor de conhecimento formal mas como tutor e orientador das informações e conhecimentos que os alunos obtêm por outras vias (cabendo-lhe hierarquizar e ajudar a aprender a distinguir o acessório do importante e a validade das fontes, a respeitar o créditos do trabalho alheio, e a transformar a informação em conhecimento significativo). Em boa verdade, estamos convictos que nem tudo é tão mau como alguns apregoam nem tão bom quanto todos desejaríamos.

³⁴⁹ Nuns casos mais condicionadas que noutros – a realização de exames nacionais operou, em alguns dos casos, fortes condicionamentos na acção dos professores, nomeadamente pela pressão a que foram sujeitos para cumprir programas curriculares extensos e complexos com uma carga horária lectiva que lhes deixava reduzida margem de manobra para algumas estratégias pedagógicas. Nestes casos, os professores revelaram-se particularmente inventivos, nunca abdicando de um relacionamento com os alunos, com o ensino e com a própria ciência que nos lembra a figura do professor que Augusto Cury apelida de *racional apaixonado* (Cury, 2012).

Perfil do professor

Diversas variáveis e atributos têm sido apresentados a propósito do êxito da profissão de professor. Ao encontro do que a literatura tem vindo a revelar³⁵⁰ e das observações efectuadas, reforçamos um conjunto de aspectos psicológicos e sociológicos do processo educativo a propósito do exercício da profissão docente e do perfil de excelência do professor de ciências.

A docência remete para um trinómio de: i) capacidades (vocação, aptidão e conhecimento); acções (modos de agir e de se comportar, seja no plano estrito das práticas pedagógicas seja no plano do relacionamento interpessoal com os alunos, com os colegas de trabalho e com a sociedade em geral); e, iii) pensamentos (emoções, cognição, metacognição).

Neste sentido, subscrevemos o perfil de docência defendido por Cury – no que o autor designa por *Professor Fascinante* (Cury, 2012), como aquele que:

- para além de competências científicas e eloquência na exposição, desenvolve estratégias pedagógicas que vão ao encontro de cada turma e de cada aluno específico. Requerendo tal, da sua parte, a capacidade de empatia para com a personalidade de cada aluno. É o professor que dá respostas que o aluno não espera, de tão direccionada que lhe é;

- é rigoroso e metódico no seu ensino mas possui e cultiva a sensibilidade, promovendo a auto-estima, o perdão; e é amigo e socializa com os seus alunos;

- além da educação lógica promove e educa também para a emoção e para sensibilidade;

- usa a memória como suporte do acto de pensar e não como depósito de informação (ou seja, atende à produção de ideias e não apenas à detenção de informações);

- é um mestre inesquecível e não um mestre temporário. A sua postura perante o conhecimento e a vida inspira a inteligência (ou melhor, as inteligências múltiplas³⁵¹) dos alunos, estimulando-os a ir além de uma cultura formativa;

³⁵⁰ Baseamo-nos sobretudo nas propostas de Auguste Cury (2012, 2013) e de Lee S. Shulman (2001, 1987).

³⁵¹ Curry tem-se debruçado sobre o estudo da inteligência, a propósito da qual desenvolveu o conceito de *inteligência multifocal*, que genericamente nos remete para a existência de múltiplas inteligências através das quais o pensamento se realiza e o conhecimento se processa. Para mais detalhes, vide, por exemplo, Cury, 2006, 2008. Muitos têm sido os autores e vasta é a literatura sobre a ciência da inteligência. Alguns desenvolvimentos interessantes a este nível podem ser encontrados designadamente nos trabalhos de Goleman (1996, 2006) ou Deary (2006).

- resolve conflitos na sala de aula, com inteligência e afecto, em de simplesmente corrigir comportamentos;
- educa para a vida e não só para o exercício de uma profissão.

O professor continua a ser uma figura central do ensino-aprendizagem da ciência, que Bruner (1977) já descrevia como um *símbolo pessoal imediato do processo educativo*. Em suma, um professor de ciências não deverá ser apenas um comunicador de matéria mas um apaixonado pela ciência e pelo ensino, científica³⁵² e pedagogicamente competente, e estar à vontade para ensinar e para aprender. O professor que é também um contínuo aprendiz imprime qualidade à educação. Noutro sentido, um professor apaixonado pela ciência e motivado para o ensino é uma figura com quem os alunos se identificam. Quem de nós não recorda o impacto de um ou vários dos seus professores – no nosso caso felizmente tantos! – pelo seu empenho e entusiasmo contagiante? Pelo seu rigor científico e exigência mas pautados por boa disposição, afecto e respeito por nós? Quantos de nós não seguimos trilhos inspirados em professores inspiradores? Memórias há que nos acompanham por toda uma vida! Foi desses casos que tivemos, também, oportunidade e privilégio de dar conta neste trabalho.

Formação do professor

Os conteúdos da ciência aumentam e são revisitados a cada dia. Nesse sentido, o desenvolvimento profissional de um professor de ciências é um processo contínuo e vitalício (*National Research Council*, 1996; Vieira *et al.*, Dias, 2007). Os casos analisados permitem-nos perceber que, a par de uma formação inicial científica e vocacionada para o ensino³⁵³, os professores apostam na sua formação contínua (nuns casos, no plano formal que remete para mestrados e doutoramentos na vertente do

³⁵² Em boa medida, pode ser considerado o representante da comunidade científica na sala de aula. E nesse sentido deve saber, e transmitir, os principais conceitos, ideias inerentes à área científica em que lecciona, mas também os métodos da ciência, as suas interligações com a tecnologia e com a sociedade em que se insere, assim como os impactos da actividade científica na vida de todos os cidadãos.

³⁵³ No caso dos professores mais novos, (e que, paradoxalmente, têm os vínculos contratuais mais precários – mas que se percebem na lógica do que tem sido o sistema de contratação e colocação de pessoal docente nos últimos anos em Portugal). Conquanto nos casos de boas-práticas de ensino da ciência identificadas entre professores com carreiras mais longas, estes tenham procurado ao longo do tempo completar a sua formação em áreas pedagógicas através da formação contínua. Mas que tendencialmente, mesmo nestes casos, de óbvias boas-práticas, tendem a oferecer maior resistência à formação.

ensino das suas áreas científicas³⁵⁴, noutros – por vezes cumulativamente, com acções de formação ou actividades que envolvem temas específicos da sua área de ensino), revelando importantes situações de aprendizagem através de colaborações com fontes de peritos ligadas às necessidades correntes dos professores. Porquanto, esta formação – no plano formal (prossecação de estudos superiores e realização de actividades científicas em centros de investigação em universidades), mas também não formal ou mesmo informal (decorrente de muitos contactos que alguns professores mantêm com ex-professores e com investigadores de várias universidades e centros de investigação, de iniciativas de âmbito cultural e acções de formação que frequentam, de pesquisas permanentes que fazem nas suas áreas científicas e outras de seu interesse pessoal), segundo os próprios, lhes dá a oportunidade de reflectir sobre os seus pontos de vista acerca do ensino e da aprendizagem da ciência, pensar sobre o seu próprio ensino e comparar, contrastar e rever as suas visões. O que, do nosso ponto de vista, lhes permite aperfeiçoar um ensino *exemplar* da ciência.

Perante um cenário em que muitos dos professores em exercício já obtiveram a sua formação há muitos anos e em que muitos não acompanharam o ritmo das mudanças (Sánchez, Abellán e Frutos, 2011), a sua formação revela-se uma necessidade da maior importância num contexto de permanente transformação, e que deverá ser equacionado a propósito de qualquer reforma educativa que se pretenda implementar tendo em vista a formação das novas gerações.

³⁵⁴ E que perseguem, legitimamente, porventura também objectivos de progressão na carreira. Embora de forma relativamente ‘inconfessada’, pois sempre nos foi afirmado sem hesitação que, *acima de tudo*, se almeja o conhecimento que daí advém. Há aqui também motivos de brio profissional e reconhecimento que se quer ver associado à docência em níveis pré-universitários. Relembramos, por exemplo, uma conversa com a professora Vanda, filha de uma professora do 1.º ciclo do ensino básico em que nos dizia não perceber por que motivo só se exige um doutoramento a um professor universitário. De acordo com as suas palavras: «*Eu sempre estive muito vocacionada para o ensino. Entrei na Faculdade de Ciências [de Lisboa], porque era a que tinha a via ensino, mas sempre... Eu sempre encarei o percurso de escola como: escola primária, ciclo, secundário, universidade; e, na universidade, também três ciclos: licenciatura, mestrado e doutoramento. Nunca me passou pela ideia ficar pela licenciatura. Nunca me passou pela ideia [não completar todos os níveis de ensino]! E continuo a achar que se estou aqui três meses parada... estou a perder tempo! Porque eu já devia estar a fazer o doutoramento [defendeu a dissertação de mestrado há três meses]. Mal acabei a licenciatura, em Maio – mas dei aulas até Junho, inscrevi-me logo no mestrado em Setembro. Portanto, não tive grande pausa, porque achei que não valia a pena. Pensei ‘Ah, isto aguenta-se...’ [risos]. Tive algumas dificuldades no início do mestrado, porque a escola onde eu fiquei colocada era em Aveiras e foi difícil conciliar horários [reside nos arredores de Lisboa. Mas pediu autorização à escola, reuniu com os encarregados de educação dos seus alunos e eles concordaram em refazer os horários para que pudesse ter as sextas-feiras livres para assistir às aulas, que decorriam durante todo o dia]. (...) Agora vou inscrever-me no doutoramento (...) Sim, vou continuar na área do ensino da Química. Vou tentar aprofundar o que fiz para o mestrado. Vou fazer o doutoramento mas continuar a ser professora do [ensino] básico e secundário. Há pessoas que não percebem isso... Dizem-me: ‘Podias fazer o doutoramento, mas para ir dar aulas na faculdade... Se fosse para ir dar aulas na faculdade...’».*

A formação dos professores tem sido um eixo de grande interesse da política educativa da União Europeia, tendo nomeadamente sido reconhecido como um domínio-chave prioritário na Estratégia de Lisboa e, portanto, um dos objectivos prioritários em matéria educativa na Europa, no sentido de promover uma adaptação do papel do professor à sociedade do conhecimento³⁵⁵. A melhoria dos sistemas educativos contemporâneos tem sido discutida nas instâncias políticas europeias, tendo por base a ideia de que o professor é uma peça basilar na educação, no sentido de:

- os professores deterem o mínimo de qualificações (de grau académico superior), que contemple uma formação disciplinar (científica) e uma formação pedagógica (ensino);

- que a formação de professores se inscreva no paradigma da formação ao longo da vida (tanto no quadro das inovações científicas da sua área, como nas que se referem aos avanços na ciência pedagógica ou ainda nas que envolvem o conhecimento e o domínio das TIC³⁵⁶);

- que os professores estejam cientes da importância da acção como fonte de riqueza formativa dos alunos e, nesse sentido, desenvolvam projectos activos e acções concretas;

- que a prática educativa se desenvolva num quadro de cooperação interescolas (ou seja, que se promovam redes de intercâmbio entre escolas, locais, nacionais e internacionais).

8.3 A *transformalidade* da educação científica

A escola não é uma ilha...

Muitos são, como temos vindo a apresentar, os actores e as instituições sociais que desempenham um papel crítico na educação científica de crianças e jovens: professores, membros do conselho executivo das escolas e decisores políticos (locais, regionais e nacionais e internacionais, nomeadamente através das políticas educativas que implementam e dos currículos de ciência escolar que adoptam e dos apoios e parcerias que estabelecem). Mas também todos os que trabalham em museus ou centros de

³⁵⁵ Vide, por exemplo, Comissão Europeia, 2013, 2003, 2002b; União Europeia, 2010.

³⁵⁶ Como discutido anteriormente. Para mais detalhes, vide, por exemplo, Carvalho, 2008.

ciência, em universidades ou centros de investigação podem dar, e dão, o seu contributo para a formação de base científica dos mais novos; as famílias têm, também a este nível, um papel importante a desempenhar (Ziman, 1980; Ramiro, 2005; Heitor, Francisco e Ramiro, 2004; *National Research Council*, 1996).

A ciência que se ensina e aprende na escola procura transmitir factos, conceitos, princípios, leis, teorias e modelos que regem a prática das comunidades científicas das sociedades contemporâneas. Para que os estudantes possam adquirir conhecimentos sobre ciência e sobre o mundo, é imprescindível que estejam familiarizados com os procedimentos da actividade científica, com os modos de interrogação e explicação da ciência e com as regras de validação do conhecimento científico. Os estudantes deverão distinguir e compreender o que é a ciência (e o que não é), os seus alcances e limites e o seu contributo para o desenvolvimento económico, social e cultural das sociedades em que vivemos. Parte da educação científica deve igualmente fazer parte a relação entre ciência, tecnologia e sociedade (Ziman, 1980; Gómez Crespo *et al.*, 2001; Moreira, 2004; Vieira *et al.*, 2011). Sendo um dos seus objectivos permitir que se alcancem elevados níveis de literacia científica (Carvalho, 2009; Martins, 2005; Norris e Phillips, 2002; AAAS, 1990a, 1990b), a qual, como analisado anteriormente, remete para a compreensão da natureza da ciência e capacidades de sobre ela tomar decisões que têm implicações pessoais, profissionais e sociais. Neste sentido, promover a educação científica deve fazer parte de uma reforma sistémica da educação do século XXI (Delors, 2001; UNESCO, 2004, 2003).

Vivemos tempos em que o conhecimento se apresenta como o factor basilar de desenvolvimento económico e social das sociedades (Romer, 1986, 1990; Aghion e Howit, 1998). Neste contexto, a escola continua a desempenhar um papel central na formação, nomeadamente científica, das gerações mais novas (Sebastião, 1998; Ziman, 1991, 1980; Grilo, 2002); associando-se frequentemente o ensino-aprendizagem da ciência à escola e às aulas. Todavia, a escola não mais detém o monopólio da formação dos cidadãos, medindo forças com outras formas de apropriação de informação e conhecimento. Com efeito, a escola deixou de ser o único recurso educativo. Dando o monopólio da organização educativa escolar lugar a uma rede de recursos sociais e novos (ou renovados) agentes educativos (Bertrand e Valois, 2004; Bruner, 2000) – que incluem centros de investigação, museus, famílias, a comunidade local, poderes locais, regionais, nacionais e internacionais –, e também à exploração dos recursos multimédia possibilitados pelas tecnologias de informação e comunicação. Rede essa que a escola

tem vindo a explorar paulatinamente, como reforço da sua capacidade formativa, integrando as potencialidades que esses agentes e recursos diferenciados apresentam.

Tornou-se evidente que os alunos aprendem muito sobre ciência também fora da sala de aula e do contexto educativo formal. Com efeito, aprendem-na também nos seus espaços de convívio e lazer, através da televisão, da exploração da internet e da utilização cada vez mais intensiva de inúmeros dispositivos de comunicação crescentemente sofisticados, com as suas famílias, e potencialmente, de modo geral, em todas as experiências que vivenciam. Deste modo, o ensino e a aprendizagem da ciência não deverá (desejavelmente – e como vimos nos casos apresentados) desprezar tais aprendizagens; devendo antes desenvolver práticas pedagógicas que as tenham em conta. Naturalmente, nem todas as informações se revelaram precisas ou oportunas no ensino-aprendizagem no contexto da sala de aula. Nestes casos, a escola, e em particular o professor, recentralizam a sua importância na formação científica de crianças e jovens, na medida em que operam uma função de monitorização e orientação das informações, transformando-as de informação em conhecimento, ou mesmo reconduzindo ideias que adquiridas sob uma convicção do seu carácter científico não se revelam, na verdade, ciência.

Assim, as relações estabelecidas entre a escola e diversos parceiros sociais, e as novas experiências de ensino-aprendizagem da ciência, pressupuseram novas formas de compromisso e participação baseadas no princípio da cooperação e também maior grau de abertura da escola ao exterior. De igual modo, uma utilização mais frequente e diversificada de recursos multimédia também possibilitou práticas pedagógicas inovadoras. Em qualquer das situações, pareceu-nos estar em presença de parcerias, estratégias e práticas que auxiliam e reforçam a eficácia do ensino-aprendizagem na escola; e também as que fora delas são realizadas.

Neste sentido, uma palavra de destaque para o papel renovado do professor. Figura marcadamente central no sistema de ensino, da qual se realçam agora características que o definem como um profissional científica e pedagogicamente competente, motivado e inspirador, inovador nos métodos e imaginativo na acção, rigoroso e exigente, mas afectuoso e preocupado com os seus alunos e com elevadas expectativas face aos seus desempenhos. Cujas missões se centram já não na tradicional função expositiva mas ao nível da planificação do ensino, da transmissão dialogante de conhecimentos e da mediação das aprendizagens.

O que nos foi dado a observar aponta um ensino-aprendizagem da ciência como processo crescentemente dinâmico e complexo. Desde logo, o conhecimento científico, pode ser adquirido por diversas vias; ainda que a escola, e em particular o professor, centralize, em muitos casos, a função de lhes dar significado e aprendizagem significativa.

É, aliás, confirmada a nossa hipótese de que o professor surge como um elo de ligação entre domínios formais, não formais e informais do conhecimento, actuando como mediador das informações. O que nuns casos passa por potenciar a assimilação de conteúdos e dar-lhes significado, e noutros casos por orientar as reflexões dos alunos³⁵⁷, com vista ao domínio de competências que lhes permitam seleccionar e avaliar fontes científicas e adquirir conhecimento científico a partir de contextos exteriores à sala de aula (e que desejavelmente lhes incutem o espírito da descoberta e da aprendizagem ao longo da vida). Mas, na verdade, é uma realidade mais complexa e dinâmica do que se poderia à partida supor. Trata-se de um processo não linear – de professor a aluno) mas bilateral, porquanto os alunos trazem também eles muitas vezes um aporte significativo de conhecimento aos professores e ao contexto formal do ensino da ciência (sala de aula). E que os professores não só não se coíbem de elogiar, ter em conta como contributo relevante mas estimular – o que funciona como factor de motivação para os alunos. Numa ocasião, o professor da turma do 10.º ano, confrontado em plena aula com algo que desconhecia e que considerou bastante relevante, afirmou na sala (e reiterou-nos depois da aula): «*Aprendo tanto com estes miúdos!*»

Acreditamos estar portanto perante elementos de expansão da rede e das dinâmicas do ensino formal da ciência. Situando-se as práticas observadas entre *mundos científicos*, fazendo a ponte entre o ensino científico escolar e outros *mundos* (universidades, centros de investigação, museus de ciência, concursos e exposições, comunidades locais, sítios virtuais de acesso e partilha de informação e conhecimento³⁵⁸, entre outros). No que poderíamos sintetizar na expressão *levando a escola ao mundo e trazendo o mundo à escola*.

³⁵⁷ A informação pode resultar do acesso casual ou da procura direccionada, mas o conhecimento resulta das ilações e do sentido que a partir delas se faz (Sousa, 2000).

³⁵⁸ Que possibilitam o acesso ao conhecimento científico, em quantidade e formas outrora impossíveis e inimagináveis, possibilitando por exemplo novas formas de estudo (Sampaio, 2011), que reforçam o processo de ensino-aprendizagem da ciência também em contexto escolar. Possibilidades que os professores empenhados e entusiastas não desperdiçam, em prol da sua própria formação e para apresentação nas suas aulas.

A 'transformatividade' do ensino e aprendizagem da ciência

Baseados em fortes indícios deixados por trabalhos anteriores e na revisão da literatura, partíramos da hipótese de uma dinâmica intensa entre a educação científica formal (que tem lugar sobretudo no contexto da sala de aula), e contextos não formais e informais de aquisição de conhecimentos científicos. Confirmámos a existência de uma relação complexa e activa entre modos de acesso e aquisição de informação e conhecimento de cariz científico por parte dos alunos, e que os professores aproveitam com enorme sentido de oportunidade para reforçar o processo de aprendizagem dos alunos. Notámos a este nível o papel particularmente relevante das TIC (e em particular da internet), utilizadas como recurso educativo cujas potencialidades são exploradas e utilizadas de modo igualmente dinâmico e diferenciado. Os alunos usam-nas como acesso a conteúdos, em muitos casos com propósitos lúdicos mas que, mesmo nesses casos, em muitas situações são convocados com vantagem para o processo educativo formal (ainda que lhes dêem também uso como ferramenta de estudo³⁵⁹, em muitos casos direccionados e motivados pelos professores). Os professores utilizam-nas como recurso multimédia nas suas aulas, como suporte físico das suas apresentações, como local de pesquisa e acesso a conteúdos enriquecedores das aulas e como factor de estímulo dos alunos também para a actividade de pesquisa. E ainda como ferramenta que, em muitas situações, tem a potencialidade de auto-formação dos docentes, dada a profusão e permanente actualização de dados e avanços nas suas áreas científicas.

Todas estas estratégias, vimo-lo, perpassam crescentemente o processo educativo formal. Noutra sentença, ao contrário do que se poderia pensar numa primeira análise, tal não dilui a importância e a centralidade do ensino da ciência em contexto escolar. Opera sim uma redefinição do seu papel e reforça a sua posição, já não em exclusividade, mas em cooperação com outras formas de ensino-aprendizagem. Levando ao reconhecimento da necessidade de, em conjunto, se promover tudo o que possa consolidar o conhecimento científico e a educação em ciência que se pretendem consentâneos com as necessidades, direitos e deveres dos cidadãos e profissionais do futuro. Tratam-se de complexos mas necessários processos de complementaridade que

³⁵⁹ Referimo-nos, obviamente, a formas significantes de aprendizagem. Das quais excluimos, portanto, os casos em que os alunos se limitam a procurar um tema, e copiar e colar conteúdos com objectivos de realizar elementos de avaliação de disciplinas escolares, de forma mais ou menos legítima, mas em todo o caso sem que haja lugar a uma reflexão crítica sobre os conteúdos pesquisados. Não tivemos, de resto, conhecimento directo dessas situações; embora sejam uma realidade conhecida de professores e investigadores nesta área.

atribuem ao ensino e à aprendizagem da ciência dos nossos dias uma natureza *transformativa*. Argumentamos que não se anulam ou substituem mas antes que se complementam, potenciando e enriquecendo o produto final: a educação científica de crianças e jovens.

Assim, a nossa reflexão crítica sobre o que observámos e analisámos remete-nos para uma *transformatividade* da educação científica, assente na ideia da transversalidade de conhecimentos, contextos, processos e recursos, que concorrem para a educação científica de crianças e jovens. Consubstanciada numa articulação entre diferentes tipos de ensino/aprendizagem – formal, não formal e informal, que cria zonas de entrecruzamento entre os vários domínios.

As figuras 8.5 e 8.6 remetem, respectivamente, para uma ilustração esquemática da educação científica *tradicional* e da educação científica *transformativa*. Na primeira, a educação da ciência é ensinada descontextualizada da sociedade em que é desenvolvida e aplicada e da tecnologia que origina ou em que se suporta; noutro sentido, embora se reconheça a existência de domínios diferenciados (não formais e informais) com potencial de ensino e aprendizagem da ciência, não existe ligação estreita entre eles no sentido de se explorarem essas potencialidades e de se estabelecerem parcerias com vista à melhoria da qualidade e eficácia do ensino. Estamos, portanto, perante uma lógica de estanquicidade e de não cooperação entre *mundos científicos*. Na segunda, preconiza-se um ensino social e tecnologicamente contextualizado da ciência, e também uma ligação do ensino formal (escola) a outros agentes educativos e a outros universos do saber científico, convocando-se conhecimentos e recursos de natureza diferenciada da sua, e estabelecendo-se uma articulação entre diferentes contextos (não formais e informais) de educação em ciência. Em nosso entender, a escola não deve desperdiçar quaisquer oportunidades de considerar estas ligações, estabelecendo parcerias e valorizando contributos que podem fortalecer o objectivo de melhorar a qualidade do ensino e aprendizagem da ciência na escola. Os casos analisados permitiram-nos, para citar um exemplo apenas, perceber que inúmeras vezes o aporte de um único aluno significou, pela partilha em contexto da sala de aula e pela discussão conjunta entre professor e alunos, benefícios para o conhecimento de toda a turma. Mas isso só é possível num clima de sala de aula dialogante onde o questionamento é possível e incentivado, onde o professor está receptivo aos alunos e ao exterior, e onde a escola não vive fechada sobre si mesma e sobre os conteúdos estritos previamente programados.

A observação e análise do ensino da ciência nesta (e a partir desta) escola, permitiu-nos, num processo cumulativo com observações anteriores, concluir que numa lógica de complementaridade de processos, contextos e recursos, da interligação dos ensinamentos formal, não formal e informal podem resultar benefícios para o ensino da ciência de crianças e jovens. Construindo as pontes que a educação científica (desejavelmente) estabelece com o futuro: aquisição de competências científicas, capacidade de aprendizagem ao longo da vida e de resolução de problemas, elevados níveis de literacia científica e reforço do exercício da cidadania.

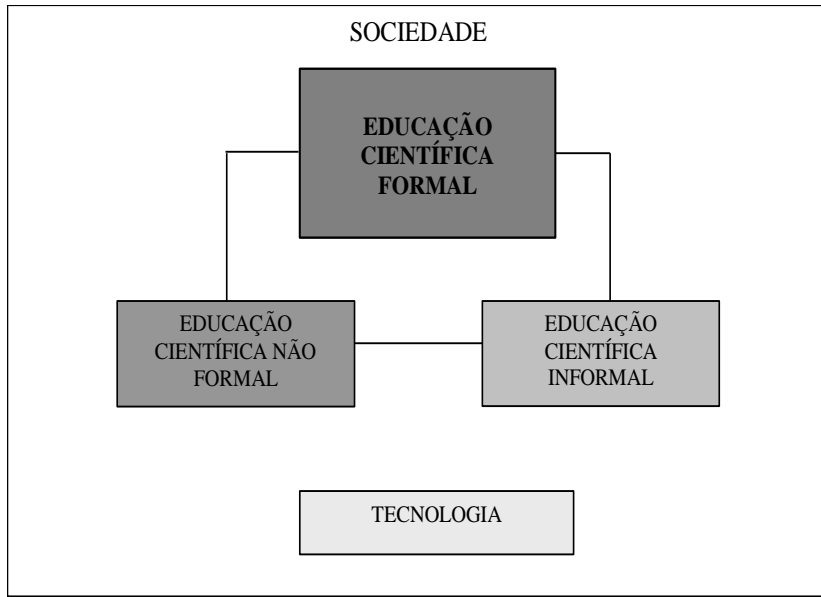


Figura 8.5: Educação científica tradicional: educação formal, não formal e informal desconectadas, e sem relação CTS

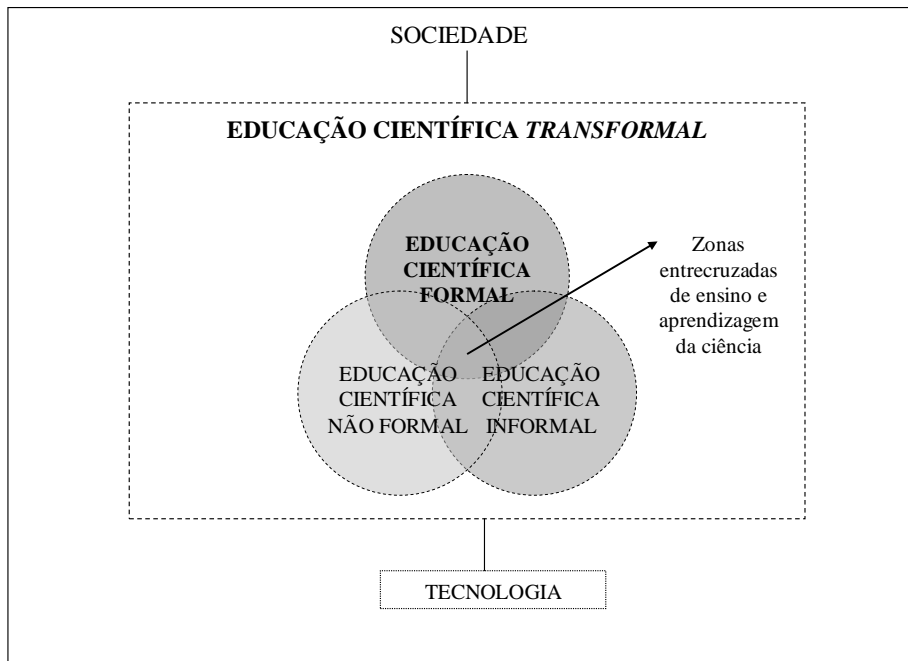


Figura 8.6: Educação científica *transformal*: educação formal, não formal e informal interligadas, com relação CTS

Propomos, portanto, ao encontro das necessidades educativas em ciência do século XXI, uma educação científica de índole *transformal*, a qual apresenta três características distintivas – contextos, processos e recursos, cujos principais elementos são sumariados no Quadro 8.1.

Quadro 8.1
Educação Científica *Transformal*
Concepção de educação científica com três elementos distintivos

Contextos:

- De natureza diferenciada – formal, não formal e informal (entrecruzamento entre o ensino escolar e outras instituições de ensino – do mesmo e de níveis diferentes –, centros de investigação, museus de ciência, exposições, órgãos de poder local, regional, nacional e internacional, comunidade envolvente, empresas, famílias...);
- Centralidade da escola mas em parceria com agentes e instituições educativos diversos;
- Papel preponderante do professor como elo de ligação entre domínios formal, não formal e informal;
- Contextos educativos na sala de aula mas também em contextos reais de aprendizagem (exemplos: quando na aula se ensina/aprende sobre as plantas transgénicas, fazer uma visita um laboratório onde se faz a mutação genética de plantas; quando se estuda o tratamento de resíduos, visitar uma ETAR, um aterro sanitário ou um centro de triagem de materiais recicláveis) ou virtuais (a internet é uma poderosa fonte de informação e saber, que potencia formas de aprendizagem dantes impensáveis (como por exemplo visitas virtuais aos mais diversos locais, nomeadamente os relacionados com a actividade científica);
- Ensino/aprendizagem da ciência social e tecnologicamente contextualizado.

Processos:

- Estratégias pedagógicas diversificadas que cativem a atenção e o interesse dos alunos (pela matéria e pelas aulas). As tecnologias de informação e comunicação podem operar, nesta perspectiva da educação científica, uma função dupla: recurso de apoio às aulas e estratégia de aprendizagem em contextos extra-escolares);
- Rigor científico e exigência, mas assentes no diálogo e na cooperação, no respeito e nos afectos.

Recursos:

- Utilização sistemática de meios de informação e de tecnologias de informação e comunicação diversificadas (internet, televisão, vídeo, rádio, imprensa...);
- Utilização para planificação e apresentação das aulas, mas também como meio de pesquisa (de professores, de alunos, e de professores e alunos em conjunto) e estudo (de professores e alunos, essencialmente fora do contexto da sala de aula).

Dificuldades de implementação da educação científica ‘transformal’

Ainda que sempre que observadas situações em que estávamos perante um ensino da ciência de natureza *transformal*, do qual resultou um reforço da educação científica de crianças e jovens, com vantagens quer no ensino quer na aprendizagem do ensino da

ciência, foi possível observar também que a *transformatividade* do ensino da ciência não é imune a manifestações de resistência.

A resistência a uma tal modalidade de ensino-aprendizagem pode advir quer dos seus protagonistas mais directos – professores e alunos –, quer dos decisores políticos³⁶⁰. Ou ainda dos potenciais parceiros educativos, pela indisponibilidade para estabelecer parcerias com as escolas³⁶¹. Os excertos do nosso diário de campo que apresentamos de seguida são muito interessantes porque relatam com clareza algumas dessas situações.

Numa aula em que os alunos estão particularmente quietos e pouco participativos (acabam de vir de uma aula com teste de avaliação noutra disciplina e às segundas-feiras habitualmente estão cansados nas aulas de Biologia porque é a última de um dia completo de aulas), a professora fala-lhes sobre uma visita de estudo que está a preparar para a sexta-feira seguinte à tarde – sendo que os alunos à sexta-feira da parte da tarde não têm aulas. A Rute diz de imediato que não vai *«porque trabalha às sextas-feiras, aos sábados e aos domingos.»* A Inês também diz que não sabe se pode ir, porque tem *uma consulta no dentista e que irá apenas se conseguir desmarcar*. Trata-se de uma visita de estudo ao Instituto Superior de Agronomia (ISA), em Lisboa, sob o tema da manipulação de genes. Sendo o horário de saída da escola às 13h30m e a hora de chegada prevista para cerca das 17h00m. O preço da visita rondará os sete euros por pessoa. *«É uma oportunidade única! É uma vez na vida, porque sozinhos não vos deixam lá ir. Tudo o que me estão a dizer que têm para fazer na sexta-feira à tarde, podem fazer noutra altura; isto não...»*, diz a professora, perante o óbvio desinteresse de boa parte da turma. O João diz: *«Não vou. (...) Porque não quero. Não tenho interesse nisso»*. O Jorge afirma que não sabe se poderá ir: *«Estou rouco, por isso não sei se vou estar bem nessa altura...»* No fim da aula, a professora confidencia-nos, visivelmente abatida: *«Devias colocar também isto no teu trabalho! Que estes miúdos não se*

³⁶⁰ Por via de políticas que inviabilizam práticas educativas desta natureza. Como as que derivam, por exemplo, de currículos extensos, associados a pressões sobre os professores para que, impreterivelmente, *cumpram o programa* tendo em vista a realização de exames nacionais. Ou pela recusa em possibilitar certas iniciativas dos professores e das escolas; o que nos remete para a necessidade de uma autonomia responsável, que lhes permita desenvolver o seu projecto educativo, inovar, aceitar desafios e prestar contas do resultado.

³⁶¹ Foi a este nível, no entanto, que encontramos menor resistência, na medida em que os contactos encetados pelas escolas e pelos professores normalmente têm receptividade no que toca a propostas de colaboração que passem, por exemplo, por visitas guiadas às suas instalações ou parcerias de outra natureza (normalmente sem custos directos). Ou seja, sempre que a *escola se predispõe a abrir-se e ir ao mundo*, tende a ser bem recebida. O que em muitos casos não se concretiza por restrições financeiras que as escolas não conseguem ultrapassar (se envolvem custos, nomeadamente de deslocação de alunos e professores).

motivam com nada! Se soubesses o trabalho que eu tive de fazer para lhes conseguir esta visita... Não posso obrigá-los a ir, mas vou colocar os que não vão a fazer outra coisa qualquer, porque não é justo.» Questionamos a professora sobre os motivos alegados e sobre a possibilidade de alguns alunos poderem ter dificuldades económicas. O custo da visita, entretanto, dado o número de alunos que não vão, sobe para oito euros, porque envolve o aluguer de um autocarro, e terá de ser repartido pelos visitantes. A professora não crê que motivos de origem económica estejam na base das desistências: *«Não, não acho que seja por questões económicas, porque olha, o pai do João é arquitecto, o do Jorge é... Em todo o caso, há o SASE [Serviço de Acção Social Escolar]. No ano passado fiz montes de visitas [na EB 2,3 do agrupamento], e quando os alunos não tinham dinheiro para pagar, os serviços pagavam. E uma vez paguei eu a um aluno. As pessoas é que não sabem, mas quando o aluno não pode, tem ajudas!»* (Diário de campo, 30 de Janeiro)

Na quinta-feira, 2 de Fevereiro, a professora informa a turma de que *«Vamos de carro à visita de estudo, porque o preço por pessoa estava a subir um bocado por causa de alguns não irem. Eu levo o meu carro, já falei com a ‘Geninha’ [havia-nos sido pedido, e anuímos ajudar, para não inviabilizar a visita] leva o dela. E se mais um ou dois de vocês puder levar já dá para irmos todos de carro. Às 13h30 no portão (da escola). A visita foi muito interessante, sentimento que julgamos partilhado por todos³⁶².* Os alunos parecem ter gostado, todavia, com a visita a prolongar-se um pouco mais que o previsto, começam a dar sinais de alguma impaciência e pressa por voltar para casa *«Quando é que isto acaba? Tenho coisas marcadas!»*, comentam alguns alunos entre si. Regressamos sem incidentes, num balanço muito positivo. Os alunos a quem damos boleia, parecem ter gostado genuinamente da visita, embora sejam dos que nos confessam que *«foi um pouco cansativa, porque era muita coisa. E depois de uma semana de aulas, queremos é... [risos]. Mas foi muito giro, sim!»* Na aula de 3 de Maio, enquanto a professora fala *sobre os perigos de as plantas, ao serem sucessivamente clonadas, potenciarem o desaparecimento da biodiversidade. (...) Explante – célula somática ou pedaço de tecido para produzir uma nova planta, da planta que pretendo propagar. Micropropagação – propagação in vitro de vegetais.*», a Luísa – uma das alunas que se tinha manifestado mais interessada e participativa na visita ao ISA, comenta com uma colega e depois ambas com a professora: *«Ó setora, não vimos isso no ISA?»³⁶³*

³⁶² Para uma descrição detalhada sobre a visita, v. excerto de Diário de Campo (Anexo C).

³⁶³ Quando a turma efectuou a visita à ETAR local não se levantaram resistências, na medida em foi realizada dentro do horário de aulas.

[Fala-nos de algumas das suas experiências de ensino de anos anteriores, em que desenvolveu projectos com os alunos] *Nós [professora e alunos] estávamos todos de tal forma envolvidos naquilo que, às tantas, era como se vivêssemos abstraídos de tudo o resto que lá existia [na escola]. E depois, claro, era mais uma razão para termos problemas, porque os alunos não ligavam nada às outras disciplinas – só ligavam às disciplinas de CTV [Ciências da Vida e da Terra] e TLB [Técnicas Laboratoriais de Biologia, ambas leccionadas pela professora Tânia]. Era um projecto megalómano – sempre me disseram [os colegas], desde o início, que era um projecto megalómano e não sei quê... Mas foi um sucesso fantástico, e olha, sou... sou peremptória a dizer isso... não me importo em dizer isso... Nós também temos de ter a noção daquilo que nós valemos. Foi um sucesso fantástico! Concorremos ao Ciência Viva... Recebemos cartas do Ciência Viva a congratular-nos pelo projecto... (...) Já participei em três projectos Ciência Viva; dois deles ganhei! Ganhei a bolsa. Num deles não ganhei porque lá no colégio [refere-se a um ano em que leccionou numa instituição de ensino privado], primeiro ano em que lá dava aulas... Tinham de passar um documento, deixaram passar o prazo... Sinto tanta falta de poder desenvolver projectos com um apoio e... Não é que queira ganhar nada em troca! Mas às vezes basta um apoio. Os alunos são muito incentivados também por aquilo que obtêm em troca, sabes? E se eles souberem que está uma instituição grande por detrás... E não estamos a falar necessariamente de dinheiro... Estamos a falar de reconhecimento. Eles querem ser reconhecidos, a nível... a nível institucional – fora da escola. Por exemplo, no projecto que eu fiz com os meus alunos no ano passado – em que ganhei o 3.º prémio da Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano, era um projecto que à partida não tinha nada a ver com ciências naturais! Isto é só para te dizer que os alunos também têm de ser incentivados, porque era um projecto que não tinha nada a ver, absolutamente nada a ver!, com ciências. E eu dei-lhe a volta e... Aquilo era para fazer uma análise evolutiva do ordenamento do território. E então o que é que eu... Eu dei a volta àquilo e pensei aquilo em termos ambientais. [Procura no computador para nos mostrar] E fizemos uma coisa fantástica! Onde é que isto está... [pesquisa no computador, numa pasta chamada 'Projectos'] Olha a quantidade de projectos que eu faço [risos] [...] Eram miúdos do 10.º ano. E depois fizemos isto para apresentar na festa do colégio. Eu propus aos alunos fazermos este projecto. Eles no início diziam-me: 'Ah, ó setora, não temos tempo... Ah, não queremos fazer e tal' E depois uma das condições era faltar às aulas. 'Isso pode-se faltar às aulas?' – é que eles estão sempre a perguntar... Eles estão sempre a negociar. E um dos valores mais altos que eles negociam é esse: de ser para faltar às aulas – eles faltam, e querem ir ao projecto... participar... E então, pronto, lá eu disse que sim. 'Ok, ok.' E eles lá*

aceitaram. Olha, fizeram um projecto... Ficámos em 3.º lugar a nível nacional! O que é muito bom! (...) Eu já participei nas Olimpíadas do Ambiente, nos Jovens Repórteres do Ambiente... Mesmo que às vezes digam que não querem, eu inscrevo-os à mesma e depois digo : ‘Ah, agora já está, já está’ [risos]. E então eles ‘Ah, pronto, já está, já está, vamos lá’, e acabam depois por achar piada e envolvem-se nisso. Porque muitas vezes como os alunos não estão nada habituados a este tipo de coisas estranham, e sentem-se postos à prova... e têm receio de lhes ser exigido muita coisa e... então eles começam já a ter percepção do seu tempo... e hoje em dia o ensino satura-os tanto com porcarias que não interessam nada e com que eles não aprendem nada, como essas disciplinas novas que foram arrançadas, que é o estudo acompanhado, as formações cívicas... Os alunos estão cheios de porcarias de disciplinas que não lhes ensinam nada, em que eles sabem perfeitamente que não aprendem nada, vão à net e imprimem uns trabalhos, o.k.? E então não vêem interesse [nos projectos]. No dia 10 de Março, por ocasião de uma visita a uma exposição sobre fósseis, a professora Tânia conta-nos, um pouco triste, que voltou a tentar falar com a turma do 12.º ano que seguimos no sentido de desenvolverem um projecto, mas que «os alunos não estão receptivos.» A coordenadora do grupo de ciências ouve a conversa e acrescenta. «Pois, enquanto eles tiverem exames não... Primeiro, é que não somos só nós [professores de ciências, a pedir-lhes trabalhos], também são os outros professores. Segundo, isto não são visitas, é fazer projectos [dando a ideia de que é muito trabalhoso, e ficando nós com a ideia de que ela própria não é muito defensora desse tipo de trabalho com os alunos].»

«Eu estou ali para ensinar. Mas não sou capaz de chegar e simplesmente dizer: ‘olhem, isto é assim’. Como na maior parte dos casos nos fazem a nós. Por isso achei que tinha que ser diferente, e era para isso que eu queria ir para o ensino. Apercebi-me que era necessário... Eu não quero ser presunçosa, nem nada disso... Eu e a Vanda somos uma excepção. A sério. Tenho a certeza absoluta. Porque, infelizmente, em todos os sítios onde eu estive nunca ninguém teve a pedalada para fazer coisas diferentes. Inclusivamente já tive imensos problemas com isso – de me perguntarem se eu tomava speeds. E depois punham-me problemas... Se eu estava disponível para dar explicações aos alunos fora da sala de aula – porque antes do teste eles podiam ter dúvidas e eu, não tendo naquela altura tempo para lhes explicar, então explicava-lhes depois. Fui criticadíssima! Inclusivamente proibida de fazê-lo... Não porque eu recebesse dinheiro, mas por eu propor-me a uma hora para estar com eles para lhes tirar uma dúvida sobre determinado assunto... Os meus colegas revoltaram-se pelo facto de os alunos irem ter com eles a dizer que queriam que eles fizessem o mesmo. E eles... Vieram imensos ter comigo com uma atitude do género: ‘Olha, tu tens que acabar com isto!

Porque eu não estou para estar a perder o meu tempo. Porque os alunos ou percebem dentro da sala de aula... Porque fora eu não tenho tempo para isso. É que ninguém me paga! É que ninguém me paga!’ Ou porque prometia aos alunos entregar-lhes os testes [corrigidos] em uma semana... ‘Ah, vê-se logo que a professora de ciências é tenrinha. É tenrinha e não percebe nada disto’. Disseram isto aos alunos. E os alunos vieram-me contar. E uma pessoa sente-se completamente hostilizada. E em muitas outras escolas é a mesma coisa, porque uma pessoa cai lá assim... ‘puff’... e depois... entre os professores, no próprio grupo [de ciências]... há um distanciamento e uma arrogância tal... Como quem diz: ‘Ah, eu sou ‘muita’ bom! E aquele não sabe dar a matéria e não sei que mais’. Se eu me dirigisse a um professor a perguntar assim: ‘Olha, como é que achas que...?’ ‘Achas que esta sequência da matéria não se torna mais lógica em termos de...?’. Porque eu posso ter a noção do que é que é a sequência lógica mas se calhar se eu tiver outros pontos de vista poderei fazer ainda melhor. Não é? Eu acho que é fundamental a troca de experiências. Como é que é possível eu ter estado tanto tempo em escolas quando ninguém queria trocar experiências comigo?! Aqui é diferente. Falamos. Trocamos ideias. Os testes do 12.º ano, por exemplo, são feitos em conjunto pelo grupo – cada professor é responsável por um grupo de perguntas. E assim os testes até são mais justos, porque são equilibrados em termos de dificuldade entre todas as turmas. (...) Muitos professores não admitem perante os colegas que por vezes as coisas lhes correm mal. E eu comecei a sentir-me mal e a pensar que sou a única que admito que as coisas às vezes não me correm tão bem. Sei que não sou perfeita, que ainda estou a crescer, admito que me questionem e critiquem... Faça questão que os meus alunos me avaliem no final do ano, porque eu quero ser a professora perfeita!»

No sentido de minimizar os fenómenos de resistência ao desenvolvimento de uma educação científica transformal, parece-nos decisivo o desenvolvimento de um sistema de incentivos e benefícios para instituições e actores sociais que promovam uma educação científica de base social alargada, o qual deverá não só apoiar e premiar as iniciativas existentes mas também estimular atitudes de replicação (adaptada) das boas-práticas de ensino da ciência (Ramiro, 2005; Horta e Ramiro, 2005; Ramiro, Diniz e Heitor, 2004; Heitor, Francisco e Ramiro, 2004; Conceição e Heitor, 2003; Bernardo, 2003).

Conclusões:

A complexidade e o dinamismo do ensino e aprendizagem da ciência

*Quando vejo uma criança, ela inspira-me
dois sentimentos: ternura, pelo que é,
e respeito pelo que pode vir a ser.*

Louis Pasteur

*Se os teus projetos forem para um ano, semeia o grão.
Se forem para dez anos, planta uma árvore.
Se forem para cem anos, instrui o povo.*

Provérbio chinês

O que torna um trabalho desta natureza fascinante é, simultaneamente, o que o torna um desafio nem sempre fácil: contar uma história do social. Do social teórica e observacionalmente sustentado. Não conseguimos deixar de sentir que muito fica por dizer sobre a educação científica de crianças e jovens. Todavia, é chegado o momento de avançar para um balanço do que foi esta pesquisa sociológica, focando alguns dos principais aspectos apresentados e os contributos teóricos e observacionais que dela resultaram.

O presente trabalho encontra-se dividido em três partes. Na primeira – Parte I - *Sociedade, ciência e educação: rumo à era do conhecimento*, começámos por uma reflexão teórico-conceptual sobre a ciência e a educação científica no contexto das sociedades contemporâneas. Iniciámos com uma análise da noção de ciência, onde abordámos alguns dos seus aspectos mais significativos (objectivos e método, universalidade e limites, financiamento e ligações ao poder, relação entre ciência e sociedade, e compreensão pública da ciência). Depois, discutimos algumas das principais dimensões dos conceitos de conhecimento e de cultura e literacia científicas. Prosseguimos com a análise do papel social da escola e da educação científica, revisitando as principais abordagens da educação em ciências. Na Parte II – *A educação científica como problema sociológico*, tecemos algumas considerações sobre a educação científica como problema sociológico no contexto da sociedade do conhecimento (definindo o nosso objecto de estudo e traçando os objectivos específicos do presente trabalho). Terminámos a segunda parte fazendo referência à metodologia adoptada, no

capítulo 5. Esta foi, assumidamente, uma pesquisa compreensiva da realidade social observada. No sentido em que se procurou realizar uma análise sociológica aprofundada da educação científica de crianças e jovens, que conjugou um período de observação directa no terreno, de carácter etnográfico (no sentido de presencial, prolongada e narrativa), análise documental, conversas informais e entrevistas. À descrição dos factos observados, procurámos acrescentar uma reflexão teórica e observacionalmente sustentada sobre as relações entre os fenómenos e sobre os sentidos sociais implícitos, apresentando as particularidades das interações dos indivíduos na sua vida quotidiana em estreita correlação com os fenómenos estruturais que os enquadram. Terá sido, justamente, nesta articulação que nos propusemos avançar com algumas proposições teóricas explicativas do fenómeno em estudo.

Na Parte III – *Dinâmicas e Contextos de Ensino e Aprendizagem da Ciência* – demos conta das observações efectuadas e da sua análise sociológica. Trata-se de uma parte eminentemente reveladora da prática educativa da ciência, na e a partir da escola. Ou seja, *d'a ciência tal qual se ensina e aprende*, na sua prática contextualizada quotidiana, que ilustrámos sob a forma de estudos de caso de boas práticas de escolas, professores e outros agentes e instituições educativos. No que considerámos um conjunto significativo de casos de referência³⁶⁴, que nos permitiu tirar ilações e ensinamentos, com que outros poderão obter incentivo e aprender. E que apresentámos, sempre que oportuno, em expressiva voz directa.

De seguida, passamos a dar conta, de forma necessariamente resumida, dos principais contributos substantivos da presente investigação.

A competência do homem para produzir conhecimento e a sua capacidade de aprendizagem tem sido um factor crucial de desenvolvimento em qualquer sociedade e em qualquer momento histórico. O conhecimento é, de facto, inerente à espécie humana, que desde há séculos o procura e utiliza com vista ao desenvolvimento social e económico (Lindley, 2000; Junqueiro, 2002). Não sendo exclusiva da espécie humana a capacidade de conhecer e reconhecer padrões, apresentamos contudo a singularidade de combinar, de forma consciente e deliberada, a capacidade de nos adaptarmos a novas condições – (re)conhecendo os padrões dessas novas condições – e de acumular conhecimento. E essa combinação engenhosa é o que, singelamente, podemos chamar *ciência*.

³⁶⁴ Por mérito dos seus protagonistas.

De entre as inúmeras questões que afectam a civilização humana nos nossos dias e constituem desafios sérios num futuro próximo, boa parte procura respostas nos desenvolvimentos científicos e tecnológicos. Questões como a poluição ambiental, a saúde, a paz, a economia ou a segurança das nações e dos povos constam das agendas nacionais e internacionais como decisivas no quadro da nossa luta permanente pela sobrevivência e prosperidade num mundo circunstancial, temporal e espacialmente instável. Todos os estudos mostram que os países que têm apostado na actividade científica e no desenvolvimento tecnológico como objectivos essenciais subjacentes ao seu progresso, têm registado índices mais elevados de desenvolvimento material, humano e social.

Tendo a ciência e a tecnologia um papel potenciador do desenvolvimento das sociedades e sendo a ciência um fenómeno social, só o debate alargado sobre ciência e tecnologia pode tornar insustentável o atraso científico português (Gago, 1990). A actividade científica é, com efeito, uma actividade social que, como qualquer outra, se caracteriza por um sistema de normas e recompensas (Merton, 1973), tendo assumido a partir da década de 1960 maior visibilidade na vida e consciência sociais, possibilitada por sociedades com crescentes dinâmicas de incorporação de aquisições científicas e tecnológicas e consequentes impactos sociais (Costa, 1996).

Confiando as sociedades desenvolvidas boa parte da sua prosperidade e segurança a conhecimentos, produtos e serviços baseados em ciência e tecnologia, o empreendimento científico para ser levado a cabo necessita não só de um elevado número de profissionais de ciência, mas também de uma população que globalmente compreenda e apoie o empreendimento científico. E é neste contexto que a cultura científica pode ser entendida num panorama mais vasto como um elemento da cultura das sociedades em que se desenvolve. Na década de 1980, a noção de literacia científica³⁶⁵ conheceu um novo estímulo, que perdura até aos nossos dias, associado ao facto de se reconhecer o papel central da ciência e da tecnologia para o progresso económico das sociedades desenvolvidas (Prewit, 1983). Sendo nesta fase que se dá o reconhecimento da importância da literacia científica de todos os cidadãos. Tendo em conta a relevância social e cultural da ciência numa sociedade cada vez mais científica e tecnológica, aposta-se nas competências no âmbito da educação em ciências,

³⁶⁵ Que de forma necessariamente simplista poderemos definir como a capacidade de entender e lidar com a ciência e a tecnologia e como uma condição de exercício da cidadania (Thomas e Durant, 1987; Gonçalves, 1996, 2002; Gonçalves *et al.*, 2002).

prioritariamente dirigidas a crianças e jovens em meio escolar, mas não esquecendo os adultos; a par da consolidação de políticas educativas que têm a literacia científica como um dos seus objectivos principais (Miller, 1992; Jenkins, 1994).

Com o desenvolvimento económico, as sociedades contemporâneas têm vindo a tornar-se estruturas crescentemente complexas, as quais requerem cada vez mais não apenas cidadãos participativos mas também profissionais criativos, com um *know how* alargado e com capacidade de elevados níveis de desempenho e de aprendizagem ao longo da vida. Donde, um dos maiores desafios e preocupações da escola deverá ser, justamente, o de que todos os alunos apresentem elevados desempenhos de literacia, nomeadamente científica e tecnológica, porquanto vivemos contextos pessoais e profissionais de crescente exigência também a este nível (Azevedo e Sardinha, 2009b). Cabendo, portanto, às instituições de ensino dotar os alunos não só de um conjunto de conhecimentos científicos, mas também de elevados níveis de literacia científica e capacidades de aprendizagem ao longo da vida consentâneos com as exigências das sociedades actuais e com os desafios do futuro.

Perante esta conjuntura, o ensino-aprendizagem da ciência por todas as crianças e jovens durante o ensino pré-universitário reveste-se de enorme importância. Porque é (desejavelmente) ao longo deste percurso educativo que adquirem muitos dos instrumentos, dos conhecimentos e das atitudes que os irão condicionar ao longo da vida (Grilo, 2002). O ensino superior, além de remeter para um percurso específico numa dada área (científica ou não), não engloba todas as crianças e jovens. E mesmo dos alunos que prosseguem estudos superiores (em áreas científicas ou não), requerem-se, à partida, bases de conhecimento e atitudes perante a ciência. Note-se que não é expectável que vamos formar toda uma nova geração de crianças e jovens para serem cientistas (sequer será esse o objectivo da escola; ainda que previsivelmente muitas das profissões do futuro venham a incorporar uma forte componente científica e tecnológica), mas é defensável (e desejável) que todos tenham a oportunidade de adquirir as bases científicas necessárias para encarar os desafios pessoais e profissionais futuros. Pelo que o papel da escola é o de uma estrutura social basilar nas sociedades contemporâneas; cuja relevância e eficácia são reforçadas se desenvolver a sua missão educativa das gerações mais novas em estreita ligação com uma base social mais alargada, como a nossa pesquisa demonstrou.

A centralidade do sistema de ensino nos nossos dias assenta no facto de vivermos em economias baseadas no conhecimento, as quais requerem cada vez mais

recursos humanos qualificados, e produtos e serviços baseados em investigação científica e tecnológica constante e crescentemente sofisticados; paralelamente, num mundo confrontado com problemas sérios que comprometem a sobrevivência da espécie, nenhum cidadão poderá ser indiferente ou alhear-se das decisões a serem tomadas (Halpern, 2014), e, para tal, são convocados conhecimentos, capacidades, comportamentos e valores que a escolarização desejavelmente proporciona. E é nesse sentido que o sistema de ensino continua a ser um elemento fundamental nas sociedades contemporâneas. Na medida em que nas instituições de ensino encontramos o centro privilegiado de educação e formação (científica e ideológica) das gerações futuras (Cherkaoui, 1994).

Desde sempre foi reconhecida grande importância educativa à ciência. Todavia, ela só passou a fazer parte dos currículos de ensino pré-universitário no fim do século XIX, numa associação directa com a importância que lhe foi sendo gradualmente atribuída em termos económicos, sociais e políticos (Pereira, 2007). Da institucionalização e da profissionalização da ciência e da necessidade da sua compreensão pública, decorreram novas exigências para a educação científica pré-universitária e universitária. Se a ideia subjacente ao ensino da ciência nas décadas de 60 e 70 do século XX era a de *ensinar mais e melhor ciência*, na década seguinte surge associada à necessidade de *ciência para todos os cidadãos*, como meio de democratizar o uso social e político da ciência, a qual viria a consolidar-se nas décadas seguintes, chegando aos nossos dias como convicção firmada e crescente do contributo fundamental do ensino da ciência para a formação geral dos cidadãos, para a promoção da literacia científica das gerações futuras e para o reforço do exercício da sua cidadania (AAAS, 1990a e 1990b; Ziman, 1980; Miller e Osborne, 1998).

Tradicionalmente, o ensino das ciências tem-se caracterizado por se centrar na transmissão de conhecimentos, esquecendo – ou considerando que devem ser discutidos noutras esferas que não na da educação científica (Ziman, 1980) – aspectos históricos, económicos, políticos, sociais e as implicações da produção e aplicação da ciência e da tecnologia. Tal tem levado a que os alunos tenham uma imagem deturpada da actividade e da comunidade científicas, que não atende às interacções entre a ciência, a tecnologia e a sociedade (Moreira, 2004). Mas a natureza e a complexidade das relações entre a ciência e a tecnologia, e entre estas e a sociedade, não podem, mais do que nunca, ser ignoradas. E é justamente neste sentido que se pretende que o ensino da ciência incorpore um currículo e orientações de ensino/aprendizagem que elucidem sobre as

relações ciência/tecnologia/sociedade, que sejam capazes de conduzir os alunos a uma imagem mais autêntica e realista da ciência e dos seus agentes e que seja, por essa via, capaz de formar cidadãos informados, críticos, conscientes dos seus direitos e deveres de cidadania e de participar democraticamente na sociedade (Moreira, 2004; Fontes e Silva, 2004).

Da educação científica espera-se, assim, não só que transmita conhecimentos científicos que capacitem os alunos para as profissões que exercerão no futuro mas também que os instrua para serem adultos com hábitos de aprendizagem ao longo da vida, capazes de pensar criticamente e de tomar decisões que os afectam no campo pessoal e social, muitas das quais convocam conhecimentos científicos (Solomon, 1993). No fundo, esta abordagem do ensino da ciências inclui não apenas a perspectiva cognitiva relacionada com a aprendizagem de conhecimentos científicos, mas também uma perspectiva comportamental associada à promoção do pensamento crítico e da literacia científica com vista à preparação dos alunos para uma vida adulta mais plena em termos pessoais e sociais, designadamente em termos de escolhas informadas e de exercício da cidadania e participação activa na sociedade.

A educação científica nos nossos dias assume-se, deste modo, como uma necessidade prioritária de desenvolvimento pessoal e social, remetendo para a noção de *alfabetização científica e tecnológica* (Fourez *et al.*, 1994; Gómez Crespo *et al.*, 2001; Gago, 1990). E, portanto, como um elemento básico da cultura geral de todos os cidadãos (National Research Council, 2003, 1996; Gil Pérez *et al.*, 2005; Bybee, 1997a e 1997b, Ziman, 1999, 1991, 1980).

O papel e o perfil do professor são decisivos para o sucesso do ensino em CTS. A ele compete-lhe assegurar a transmissão de informação científica relevante para o tema em apreço, ser fonte de apoio e de aprendizagem de segunda ordem, sendo capaz de organizar, orientar, encorajar e desafiar; o que pressupõe que tenha a formação e as competências necessárias para tal missão (Fontes e Silva, 2004).

Assim, o desafio de caminhar para uma sociedade cientificamente literata e com cidadãos melhor preparados para lidar com os fenómenos científicos e tecnológicos aponta para uma aposta fundamental na educação científica e tecnológica. É nesse sentido que Canavarro defende que:

A educação científica deverá adaptar-se às exigências da sociedade, permitir aos indivíduos pensar e agir de forma independente. Deve apresentar novas ideias e treinar

competências de investigação como forma a permitir-lhes a auto-regulação das aprendizagens, a satisfação pessoal e a responsabilização social (1999: 89).

A nossa experiência em torno das temáticas da difusão de cultura científica e da compreensão pública do papel da engenharia, ciência e tecnologia para o desenvolvimento da sociedade portuguesa, em especial junto de crianças e jovens, surge associada à exposição *Engenho e Obra – Engenharia em Portugal no Século XX*, ao concurso *Pensar e Fazer* e ao acompanhamento de projectos de ensino experimental das ciências em escolas dos ensinos básico e secundário (Ramiro, Diniz e Heitor, 2004). A qual viria a constituir uma base importante de reflexão e pistas para os trabalhos seguintes que se consubstanciaram na investigação que agora apresentamos. Ao contar uma história sobre a engenharia em Portugal no século XX, recriando ambientes, expondo elementos emblemáticos e os momentos de maior capacidade inovadora e, em simultâneo, perspectivando o futuro e novas áreas emergentes, a exposição procurou ser um instrumento para a difusão de cultura científica, o qual foi concebido juntamente com o concurso *Pensar e Fazer*, que pretendia incentivar a população (especialmente a mais jovem), a conhecer o nosso passado, percebendo factos e feitos do processo de mudança tecnológica ao longo do século XX.

O concurso surge, assim, como um desafio aos mais jovens, estimulando a sua imaginação e espírito de iniciativa sobre temáticas relacionadas com a engenharia (mas muito abrangente em termos temáticos, de natureza dos trabalhos ou ainda do carácter disciplinar dos mesmos, apelando-se até à sua transdisciplinaridade, reflectindo uma visão integradora e global dos saberes). As áreas de intervenção do concurso incluíam temáticas diversificadas, incentivando a realização de trabalhos em escolas, públicas ou privadas, por grupos de alunos entre os 6 e os 18 anos de idade, sob a orientação de professores.

Deste modo, enquanto decorria em Lisboa a exposição *Engenho e Obra: Engenharia em Portugal no Século XX*, assim como a 1ª edição do concurso *Pensar e Fazer*, tivemos oportunidade de identificar um conjunto de projectos escolares desenvolvidos com o objectivo de introduzir jovens e crianças à ciência e tecnologia, nomeadamente através de formas de ensino experimental das ciências, estando alguns dos casos directamente associados a estas iniciativas e tendo originado trabalhos submetidos ao concurso. Particularmente interessante revelou-se o facto de os vários projectos terem possibilitado que crianças e jovens de diferentes idades tenham sido

confrontados com desafios, muitas vezes em contexto de problemas da vida real, integrando temas como a Biologia, a Matemática, a Filosofia ou as Artes, realizando trabalho de equipa, usando tecnologia para aceder a informação, consultando especialistas na matéria e utilizando os recursos disponíveis. E, apesar de díspares, os projectos partilharem o objectivo de se basear na observação experimental, de forma a proporcionar aos alunos envolvidos uma experiência de aprendizagem pela descoberta. No fundo, tratou-se de facilitar e promover actividades de considerável simplicidade, mas estruturantes, que permitiram estreitar a ligação dos programas escolares à realidade social, económica e cultural dos meios envolventes.

Mais do que certezas, os casos analisados conduziram-nos a um conjunto diversificado de hipóteses sobre o papel da escola na promoção da cultura científica e tecnológica, que passamos a enumerar de forma sintética: i) *aprender experimentado*: a experiência da construção ou observação de algo pode ser um elemento crítico no processo de aprendizagem; ii) *esclarecer o processo de ensinar e a forma de aprender, combatendo a indiferença*: sendo o objectivo último estimular a criatividade, formar atitudes críticas e fomentar o gosto por questionar e descobrir; iii) *flexibilidade para saberes globais*: O ensino experimental da ciência e da tecnologia é abrangente, não excluindo áreas temáticas; iv) *ciência para todos*: a experimentação em ciência e tecnologia é acessível a qualquer pessoa, em qualquer lugar e tempo (capítulo 6).

Destas experiências, crescera em nós a vontade de conhecer mais e melhor. Partindo do argumento central de que a experiência da construção ou observação de algo pode ser um elemento crítico de aprendizagem, procurámos, sob uma temática tão complexa e vasta quanto a da educação científica, identificar actores e factores críticos do ensino experimental, com base na análise aprofundada das condições e condicionantes desse ensino em escolas.

Concluimos, desde logo, sobre a não linearidade do sistema educativo também no que ao ensino experimental das ciências diz respeito. De facto, a implementação e o desenvolvimento de projectos e/ou actividades de ensino experimental das ciências nas escolas é uma realidade envolta numa complexa interligação de múltiplos actores e factores. Depois, porventura uma das mais importantes ideias a salientar: a de que existem inúmeros excelentes exemplos de ensino da ciência em Portugal.

As observações realizadas e as informações recolhidas constituíram um manancial rico de conhecimentos, através do qual foi possível identificar algumas das questões críticas acerca do ensino das ciências nas escolas portuguesas. Desde logo, a

importância do ensino experimental das ciências, na medida em que: i) facilita a compreensão de conceitos complexos e abstractos, ii) contribui para solidificar conhecimentos, iii) promove a cultura científica, iv) ajuda a controlar problemas de indisciplina, e v) cativa alunos menos participativos ou menos bem sucedidos. O professor surge como um actor crítico do ensino das ciências, numa interligação complexa de factores: formação – inicial e contínua –; vocação; sistema de progressão na carreira; avaliação de desempenho; incentivos; reconhecimento social.

O projecto '*Ciência com os mais novos*', por exemplo, permitiu-nos compreender também a importância das redes informais que se constituem e que fortalecem o ensino-aprendizagem da ciência em contexto escolar. Com efeito, a formação espontânea de um grupo de professoras para levar a cabo um projecto de ensino da ciência por si definido, é a manifestação mais explícita de um ensino que se desenvolve e aprofunda, inicialmente de modo informal para evoluir, depois, para um registo de natureza mais formal, com o reconhecimento e apoio da tutela. Não estando formalizado em currículos previamente estabelecidos, não deixou, por isso, de constituir uma importante mais-valia no que respeita à educação em ciências de que os alunos beneficiaram informalmente e depois com um carácter mais formal.

As políticas educativas revelaram-se outro factor crítico no ensino experimental das ciências em Portugal, justamente na medida em que algumas reestruturações curriculares são consideradas inoperantes, e mesmo contraproducentes. Os aspectos mais salientados são a redução do número de horas lectivas semanais em algumas disciplinas, a extensão dos programas escolares – eminentemente teóricos, em consonância com o próprio sistema de avaliação dos alunos, que privilegia sobretudo a apreensão de conhecimentos teóricos – e a extinção da disciplina *Técnicas Laboratoriais*. No decurso da nossa investigação, viria a ser extinta também a disciplina *Área de Projecto*, no âmbito da qual alguns dos trabalhos que analisámos anteriormente foram realizados, nomeadamente o projecto '*A gravidez na adolescência*'.

As condições físicas, materiais e financeiras que possibilitam a implementação e desenvolvimento de projectos e actividades de ensino experimental das ciências nas escolas constituem outro dos elementos críticos identificados. As nossas escolas parecem ter vindo a melhorar consideravelmente nesse aspecto, com especial incidência a partir da segunda metade da década de 1990, com a criação do programa *Ciência Viva*, o qual tem vindo a contribuir nomeadamente para o (re)equipamento de laboratórios escolares. Todavia, foi possível reunir um conjunto de evidências que

apontam para entraves à realização de actividades e projectos de ensino experimental que se tentam implementar relacionados com a inexistência ou insuficiência de infra-estruturas, materiais e equipamentos, e ainda de condições financeiras para realizar algumas actividades.

Deste modo, e apesar de o balanço que os professores fazem dos incentivos existentes (referindo-se quase sempre ao programa Ciência Viva, do qual fazem um balanço francamente positivo), ressalta a necessidade de um sistema de incentivos com capacidade de resposta célere e direccionada para as necessidades do dia-a-dia da actividade científica que se desenvolve e procura desenvolver nas escolas portuguesas.

Muitas das actividades desenvolvidas e das iniciativas existentes revestem-se de carácter voluntário – por parte de professores, centros de investigação, universidades, câmaras municipais... – muitas vezes sem qualquer incentivo que não o gosto puro e desinteressado por levar os jovens a *caminhar rumo ao conhecimento científico* (capítulo 7).

Vimos que muitos são os actores e as instituições sociais que desempenham um papel crítico na educação científica de crianças e jovens: professores, membros do conselho executivo das escolas e decisores políticos (locais, regionais, nacionais e internacionais, nomeadamente através das políticas educativas que implementam, dos currículos de ciência escolar que adoptam, dos apoios que concedem e das parcerias que estabelecem), mas também todos os que, trabalhando em museus ou centros de ciência, em universidades ou centros de investigação podem dar, e dão, o seu contributo para a formação de base científica dos mais novos; tendo as famílias, também a este nível, um papel importante a desempenhar (Ziman, 1980; Ramiro, 2005; Heitor, Francisco e Ramiro, 2004; *National Research Council*, 1996).

Já dissemos que vivemos tempos em que o conhecimento se apresenta como o factor basilar de desenvolvimento económico e social das sociedades (Romer, 1986, 1990; Aghion e Howit, 1998). Já vimos também que, neste contexto, a escola continua a desempenhar um papel central na formação, nomeadamente científica, das gerações mais novas (Sebastião, 1998; Ziman, 1991, 1980; Grilo, 2002); associando-se, frequentemente, o ensino-aprendizagem da ciência à escola e às aulas. Todavia, a escola não mais detém o monopólio da formação dos cidadãos, medindo forças com outras formas de apropriação de informação e conhecimento. Com efeito, a escola deixou de ser o único recurso educativo. Dando o monopólio da organização educativa escolar lugar a uma rede de recursos sociais e novos (ou renovados) agentes educativos

(Bertrand e Valois, 2004; Bruner, 2000) – que incluem centros de investigação, museus, famílias, a comunidade local, poderes locais, regionais, nacionais e internacionais –, e também à exploração dos recursos multimédia possibilitados pelas tecnologias de informação e comunicação. Rede essa que a escola tem vindo a explorar paulatinamente, como reforço da sua capacidade formativa, integrando as potencialidades que esses agentes e recursos diferenciados apresentam.

Como outros estudos já haviam demonstrado³⁶⁶, a nossa pesquisa corroborou a ideia de que o ensino da ciência é multifacetado e multicontextualizado. Evidenciando que os alunos aprendem muito sobre ciência também fora da sala de aula e do contexto educativo formal. Com efeito, aprendem-na também nos seus espaços de convívio e lazer, através da televisão, da exploração da internet e da utilização cada vez mais intensiva de inúmeros dispositivos de comunicação crescentemente sofisticados, com as suas famílias, e potencialmente, de modo geral, em todas as experiências que vivenciam. Deste modo, o ensino e a aprendizagem da ciência não deverá (desejavelmente – e como vimos nos casos estudados) desprezar tais aprendizagens; devendo antes desenvolver práticas pedagógicas que as tenham em conta. Naturalmente, nem todas as informações se revelaram precisas ou oportunas no ensino-aprendizagem no contexto da sala de aula. Nestes casos, a escola, e em particular o professor, recentralizam a sua importância na formação científica de crianças e jovens, na medida em que operam uma função de monitorização e orientação das informações, transformando-as de informação em conhecimento, ou mesmo reconduzindo ideias que adquiridas sob uma convicção do seu carácter científico não se revelam, na verdade, ciência.

Assim, as relações estabelecidas entre a escola e diversos parceiros sociais, e as novas experiências de ensino-aprendizagem da ciência, pressupuseram novas formas de compromisso e participação baseadas no princípio da cooperação e também maior grau de abertura da escola ao exterior. De igual modo, uma utilização mais frequente e diversificada de recursos multimédia também possibilitou práticas pedagógicas inovadoras. Em qualquer das situações, pareceu-nos estar em presença de parcerias, estratégias e práticas que auxiliam e reforçam a eficácia do ensino-aprendizagem na escola; e também as que fora delas são realizadas.

³⁶⁶ Vide, por exemplo, Dias, 2007.

Neste sentido, uma palavra de destaque para o papel renovado do professor. Figura marcadamente central no sistema de ensino, da qual se realçam agora características que o definem como um profissional científica e pedagogicamente competente, motivado e inspirador, inovador nos métodos e imaginativo na acção, rigoroso e exigente, mas afectuoso e preocupado com os seus alunos e com elevadas expectativas face aos seus desempenhos. Cuja missão se centra já não na tradicional função expositiva mas ao nível da planificação do ensino, da transmissão dialogante de conhecimentos e da mediação das aprendizagens.

O que nos foi dado observar aponta para um ensino-aprendizagem da ciência como um processo crescentemente dinâmico e complexo. Desde logo, o conhecimento científico pode ser adquirido por diversas vias; ainda que a escola, e em particular o professor, centralize em muitos casos a função de lhes dar significado e aprendizagem significativa. É, aliás, confirmada a nossa hipótese de que o professor surge como um elo de ligação entre domínios formais, não formais e informais do conhecimento, actuando como mediador das informações. O que, nuns casos, passa por potenciar a assimilação de conteúdos e dar-lhes significado, e, noutros, por orientar as reflexões dos alunos³⁶⁷, com vista ao domínio de competências que lhes permitam seleccionar e avaliar fontes científicas e adquirir conhecimento científico a partir de contextos exteriores à sala de aula (e que desejavelmente lhes incutem o espírito da descoberta e da aprendizagem ao longo da vida). Mas, na verdade, é uma realidade mais complexa e dinâmica do que poderia à partida supor-se. Trata-se não de um processo linear – de professor a aluno – mas bilateral, porquanto os alunos trazem também eles, muitas vezes, um aporte significativo de conhecimento aos professores e ao contexto formal do ensino da ciência (sala de aula). E que os professores não só não se coíbem de elogiar ou ter em conta como contributos relevantes, mas também estimular – o que funciona como factor de motivação para os alunos.

Cremos, portanto, estar perante elementos de expansão da rede e das dinâmicas do ensino formal da ciência. Situando-se as práticas observadas entre *mundos científicos*, fazendo a ponte entre o ensino científico escolar e outros *mundos* (universidades, centros de investigação, museus de ciência, concursos e exposições, comunidades locais, sítios virtuais de acesso e partilha de informação e

³⁶⁷ A informação pode resultar do acesso casual ou da procura direccionada, mas o conhecimento resulta das ilações e do sentido que a partir delas se faz (Sousa, 2000).

conhecimento³⁶⁸, entre outros). No que poderíamos sintetizar na expressão *levando a escola ao mundo e trazendo o mundo à escola*.

Baseados em fortes indícios deixados pelos trabalhos anteriores e na revisão da literatura, partíramos da hipótese de uma dinâmica intensa entre a educação científica formal (que tem lugar sobretudo no contexto da sala de aula), e contextos não formais e informais de aquisição de conhecimentos científicos. Confirmámos a existência de uma relação complexa e activa entre modos de acesso e aquisição de informação e conhecimento de cariz científico por parte dos alunos, e que os professores aproveitam com enorme sentido de oportunidade para reforçar o processo de aprendizagem dos alunos. Notámos a este nível o papel particularmente relevante das TIC (e em especial da internet), utilizadas como recurso educativo cujas potencialidades são exploradas e utilizadas de modo igualmente dinâmico e diferenciado. Os alunos usam-nas como acesso a conteúdos, em muitos casos com propósitos lúdicos mas que, mesmo nesses casos, em muitas situações são convocados com vantagem para o processo educativo formal (ainda que lhes dêem também uso como ferramenta de estudo³⁶⁹, em muitos casos direccionados e motivados pelos professores). Os professores utilizam-nas como recurso multimédia nas suas aulas, como suporte físico das suas apresentações, como local de pesquisa e acesso a conteúdos enriquecedores das aulas e como factor de estímulo dos alunos também para a actividade de pesquisa. E ainda como ferramenta que, em muitas situações, tem a potencialidade de auto-formação dos docentes, dada a profusão e permanente actualização de dados e avanços nas suas áreas científicas.

Todas estas estratégias, vimo-lo, perpassam crescentemente o processo educativo formal. Noutro sentido, ao contrário do que poderia pensar-se numa primeira análise, tal não dilui a importância e a centralidade do ensino da ciência em contexto escolar. Opera, antes, uma redefinição do seu papel e reforça a sua posição, já não em exclusividade, mas em cooperação com outras formas de ensino-aprendizagem.

³⁶⁸ Que possibilitam o acesso ao conhecimento científico, em quantidade e formas outrora impossíveis e inimagináveis, possibilitando, por exemplo, novas formas de estudo (Sampaio, 2011), que reforçam o processo de ensino-aprendizagem da Ciência também em contexto escolar. Possibilidades que os professores empenhados e entusiastas não desperdiçam, em prol da sua própria formação e na apresentação das suas aulas.

³⁶⁹ Referimo-nos, obviamente, a formas significantes de aprendizagem. Das quais excluimos, portanto, os casos em que os alunos se limitam a procurar um tema, e copiar e colar conteúdos com objectivos de realizar elementos de avaliação de disciplinas escolares, de forma mais ou menos legítima, mas em todo o caso sem que haja lugar a uma reflexão crítica sobre os conteúdos pesquisados. Não tivemos, de resto, conhecimento directo dessas situações; embora sejam uma realidade conhecida de professores e investigadores nesta área.

Levando ao reconhecimento da necessidade de, em conjunto, se promover tudo o que possa consolidar o conhecimento científico e a educação em ciência que se pretendem consentâneos com as necessidades, direitos e deveres dos cidadãos e profissionais do futuro. Tratam-se de complexos mas necessários processos de complementaridade que atribuem ao ensino e à aprendizagem da ciência dos nossos dias uma natureza *transformativa*. Argumentamos que não se anulam ou substituem mas sim que se complementam, potenciando e enriquecendo o produto final: a educação científica de crianças e jovens.

Assim, a nossa reflexão crítica sobre o que observámos e analisámos, remeteu-nos para a noção de *transformatividade* da educação científica, assente na ideia da transversalidade de conhecimentos, contextos, processos e recursos, que concorrem para a educação científica de crianças e jovens. Consubstanciada numa articulação entre diferentes tipos de ensino/aprendizagem – formal, não formal e informal, que cria zonas de entrecruzamento entre os vários domínios.

Uma educação científica *tradicional* remete para a ciência ensinada descontextualizada da sociedade em que é desenvolvida e aplicada e da tecnologia que origina ou em que se suporta; noutra sentença, embora se reconheça a existência de domínios diferenciados (não formais e informais) com potencial de ensino e aprendizagem da ciência, não existe ligação estreita entre eles no sentido de se explorarem essas potencialidades e de se estabelecerem parcerias com vista à melhoria da qualidade e eficácia do ensino. Estamos, portanto, perante uma lógica de estanquicidade e de não cooperação entre *mundos científicos*. Numa educação científica *transformativa*, preconiza-se um ensino social e tecnologicamente contextualizado da ciência, e também uma ligação do ensino formal (escola) a outros agentes educativos e a outros universos do saber científico, convocando-se conhecimentos e recursos de natureza diferenciada da sua, e estabelecendo-se uma articulação entre diferentes contextos (não formais e informais) de educação em ciência. Em nosso entender, pelo que observámos, a escola não deverá desperdiçar quaisquer oportunidades de considerar estas ligações, estabelecendo parcerias e valorizando contributos que podem fortalecer o objectivo de melhorar a qualidade do ensino e aprendizagem da ciência na escola. Os casos analisados, permitiram-nos, para citar um exemplo apenas, perceber que inúmeras vezes o aporte de um único aluno traduziu-se em benefícios (pela partilha em contexto da sala de aula e pela discussão conjunta entre professor e alunos), para o conhecimento de toda a turma. Mas isso só é possível num clima de sala de aula dialogante onde o

questionamento é possível e incentivado, onde o professor está receptivo aos alunos, ao exterior e onde a escola não vive fechada sobre si mesma e sobre os conteúdos estritos previamente programados.

Em suma, a observação e análise do ensino da ciência na (e a partir) dessa escola, permitiu-nos, num processo cumulativo com observações anteriores, concluir que, de uma complementaridade de processos, contextos e recursos, e de interligação entre os ensinamentos formal, não formal e informal, podem resultar benefícios para o ensino e aprendizagem da ciência de crianças e jovens. Construindo as pontes que a educação científica (desejavelmente) estabelece com o futuro: aquisição de competências científicas, capacidade de aprendizagem ao longo da vida e de resolução de problemas, elevados níveis de literacia científica e reforço do exercício da cidadania. Nesse sentido, propomos, ao encontro das necessidades educativas em ciência do século XXI, uma educação científica de índole *transformativa*, a qual apresenta três características distintivas – contextos, processos e recursos³⁷⁰.

Ainda que, sempre que observadas situações em que estávamos perante um ensino da ciência de natureza *transformativa*, do qual resultou um reforço da educação científica de crianças e jovens, com vantagens quer no ensino quer na aprendizagem do ensino da ciência, foi possível observar também que a *transformatividade* do ensino da ciência não é imune a manifestações de resistência. A resistência a uma tal modalidade de ensino-aprendizagem pode advir quer dos seus protagonistas mais directos – professores³⁷¹ e alunos –, quer dos decisores políticos³⁷². Ou ainda dos potenciais parceiros educativos, pela indisponibilidade para estabelecer parcerias com as escolas³⁷³.

No sentido de minimizar os fenómenos de resistência ao desenvolvimento de uma educação científica *transformativa*, parece-nos decisivo o desenvolvimento de um sistema de incentivos e benefícios para instituições e actores sociais que promovam uma educação científica de base social alargada, o qual deverá não só apoiar e premiar as

³⁷⁰ Para mais detalhes, cf. sub-capítulo 8.3.

³⁷¹ Educar cientificamente crianças e jovens nestes termos não é fácil. É, aliás, um desafio. Sobretudo porque muitos professores e escolas não estão preparados ou motivados para fazê-lo. E porque o próprio sistema educativo – como superiormente delineado – não só não incentiva como frustra muitas vezes iniciativas de professores e escolas entusiastas.

³⁷² Por via de políticas que inviabilizam práticas educativas desta natureza ou pela recusa em possibilitar certas iniciativas dos professores e das escolas; o que nos remete para a necessidade de uma autonomia responsável, que lhes permita desenvolver o seu projecto educativo, inovar, aceitar desafios e prestar contas do resultado.

³⁷³ Foi a este nível, no entanto, que encontramos menor resistência.

iniciativas existentes mas também estimular atitudes de replicação (adaptada) das boas-práticas de ensino da ciência (Ramiro, 2005; Horta e Ramiro, 2005; Ramiro, Diniz e Heitor, 2004; Heitor, Francisco e Ramiro, 2004; Conceição e Heitor, 2003; Bernardo, 2003).

Dos vários casos analisados, constatámos práticas de ensino da ciência que se inscrevem em elevados padrões de qualidade e exigência educativa. E, embora inscritos em práticas pedagógicas diferenciadas, são convergentes nos objectivos. Estamos conscientes que muitas outras existirão que urge melhorar, mas estamos seguros de que a educação científica em Portugal não é tão má como alguns supõem nem tão boa quanto todos desejaríamos. Cada escola, professor, turma e aluno são únicos, e as dinâmicas e os processos que se desenvolvem entre si no contexto do ensino-aprendizagem da ciência são específicos de cada grupo e situação particulares, mas, acreditamos, podemos todos aprender e inspirar-nos com os bons exemplos.

Uma das maiores dificuldades sentidas ao longo da redacção do presente trabalho (admitimo-lo humildemente), foi a de dar forma e sentido a um texto coerente e necessariamente balizado por algumas dimensões de análise. Não sabemos se o conseguimos, mas tentámos fazer (alguma) justiça à multidimensionalidade das pessoas com quem nos cruzámos e à complexidade dos processos e das interacções que nos foram dadas observar. Procurámos debruçar-nos sobre alguns aspectos que nos pareceram, à luz de um necessário enquadramento teórico e das observações realizadas, pertinentes para o aprofundamento do estudo das dinâmicas e dos processos inerentes à educação científica de crianças e jovens. Não deixamos, em todo o caso, de estar conscientes de que esta é, necessariamente, uma interpretação possível – a *nossa* reflexão científica sobre o tema (como sempre acontece em qualquer trabalho desta natureza) –, e que, portanto, não só muito mais haveria a dizer, que não cabe nestas páginas, como outras perspectivas de análise poderiam ter sido adoptadas. Neste sentido, esta é, assumidamente, *uma* análise sociológica. Porventura, ainda bem que assim é, porquanto ficam demonstrados, pelo menos, o dinamismo e a complexidade dos processos e das relações que se estabelecem, nos nossos dias, a propósito do ensino e aprendizagem da ciência. Os quais não se esgotam analiticamente neste trabalho, apelando portanto a novos ângulos de investigação.

A educação científica tem, de facto, tantos ângulos de análise possíveis, que só por ingenuidade poderíamos pensar ter esgotado nas páginas precedentes os

desenvolvimentos que merece. Abordámos insuficientemente, por exemplo, a autonomia das escolas e dos professores ou um sistema de incentivos à promoção de uma educação científica *transformal*. Abrem-se, portanto, novos caminhos de investigação; havendo outras dimensões que reclamam hoje estudos complementares. E mesmo as propostas que apresentamos situam-se longe de esgotar todas as questões que merecem fina observação sociológica e/ou de outros campos do saber.

O presente trabalho procurou ser um contributo para um conhecimento mais profundo sobre *como* se ensina e aprende ciência *na* e *a partir da* escola. Não querendo sucumbir ao impulso a que Flaubert chama a *fúria de concluir*, optamos por deixar todas as portas abertas. Deixamos, assim, o desafio para trabalhos futuros, tendo em vista, designadamente, a necessidade de se avançar no conhecimento também sobre *quando* e *que* ciência ensinar e aprender *na* e *a partir da* escola. Ou seja, a necessidade de se conhecer e estabelecer metas de educação científica a atingir em determinadas etapas da vida escolar – através da criação de *standarts* ou *benchmarks* de educação científica. Em Portugal, têm vindo a ser dados alguns passos importantes também nesse sentido³⁷⁴, mas é ainda longo o caminho à nossa frente.

Sigamo-lo!

³⁷⁴ Veja-se, por exemplo, Fiolhais *et al.*, 2013. E, desejavelmente, também este mesmo trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAAS (American Association for the Advancement of Science) (1990a), *Science for All Americans*, Nova Iorque, Oxford University Press (também disponível em: <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm> [consultado em 29/08/2014]).
- AAAS (American Association for the Advancement of Science) (1990b), *Benchmarks for Science Literacy*, New York, Oxford University Press (também disponível em: <http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php> [consultado em 29/08/2014]).
- AAAS (American Association for the Advancement of Science) (1998), *Blueprints for Reform – science, mathematics and technology education* (disponível em: <http://www.project2061.org/tools/bluepol/blpintro.htm> [consultado em 29/08/2014]).
- AAAS (American Association for the Advancement of Science) (2001), *Atlas of Science Literacy, volume 1 e 2. Mapping K-12 science learning*, Nova Iorque, Oxford University Press.
- AAAS (American Association for the Advancement of Science) (2014), disponível em: <http://www.aaas.org> [consultada em 01/10/2014].
- AAVV (2005), *Despertar para a Ciência. As Conferências de 2003*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, Gradiva.
- AAVV (2000), *Livro de Actas. 3.º Fórum Ciência Viva. 28 e 29 de Maio de 99. Parque das Nações. FIL*, Lisboa, Agência para a Cultura Científica e Tecnológica – Ciência Viva/Ministério da Ciência e da Tecnologia.
- AAVV (1999), *Livro de Actas. 2.º Fórum Ciência Viva. 5 e 6 de Junho98, Lisboa, Fórum Picoas*, Lisboa, Agência para a Cultura Científica e Tecnológica – Ciência Viva/Ministério da Ciência e da Tecnologia.
- AAVV (1999), *Ensino Experimental e Construção dos Saberes*, Conselho Nacional de Educação/Ministério da Educação.
- AAVV (1992), *A Ciência como Cultura*, Lisboa, Imprensa Nacional–Casa da Moeda.
- Abelson, H. (1982), “What is Logo”, disponível em: <http://el.media.mit.edu/logo-foundation/logo/index.html>. [consultado em 29/08/2014].
- Abimbola, I.O. (1983), “The relevance of the ‘new’ philosophy of science in the science curriculum”, *School, Science and Mathematics*, volume 83(3), pp.181-193.
- Abrantes, P. (2004), “Sociologia e Ciências da Educação: a distância entre nós”, *Sociologia – Problemas e Práticas*, n.º45, pp.117-130.
- Abrantes, P. (2003), *Os Sentidos da Escola*, Oeiras, Celta Editora.
- Abrantes, P. (1989), “Matemática, realidade e trabalho de projecto na escola secundária”, *Educação e Matemática*, n.º 12, pp. 3-6.
- Adey, P. (2000), “Science teaching and the development of intelligence”, in M. Monk and J. Osborne (eds.) (2000), *Good Practice in Science Teaching – what research has to say*, Buckingham, Open University Press.
- Adler, P.A. e P. Adler (1998), “Observational Techniques”, in N. Denzin and Y.S. Lincoln (eds.), *Collecting and Interpreting Qualitative Materials*, London, Sage, pp. 79-110.
- Afonso, A. J. (2001) “A redefinição do papel do Estado e as políticas educativas – elementos para pensar a transição”, *Sociologia – Problemas e Práticas*, n.º37, pp.33-48.
- Afonso, N. (2005), *Investigação Naturalista em Educação. Um guia prático e crítico*, Porto, Edições Asa.
- Agar, M.H. (1980), *The Professional Stranger*, Nova Iorque, Academic Press.
- Agência Portuguesa do Ambiente (2014), *Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Persistentes (POPs)*, Lisboa (disponível em: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=296&sub2ref=297> [consultada em 25/09/2014]).
- Aghion, P. e P. Howitt (1998), *Endogenous Growth Theory*, Cambridge, MIT Press.

- Aikenhead, G. (1994a), “Consequences of learning science through STS: a research perspective”, em J. Solomon and G. Aikenhead (eds.), *STS Education – international perspectives on reform*, New York, Teachers College Press, pp.169-186.
- Aikenhead, G. (1994b), “The social contract of science: implications for teaching science”, em J. Solomon and G. Aikenhead (eds.), *STS Education – international perspectives on reform*, Nova Iorque, Teachers College Press, pp.11-20.
- AIP, (2003), *Carta Magna da Competitividade*, Lisboa, Associação Industrial Portuguesa.
- Aghion, P. e P. Howitt (1998), *Endogenous Growth Theory*, Cambridge, MIT Press.
- Aliberas, J., R. Gutiérrez e M. Izquierdo (1989), “Modelos de aprendizaje en la didáctica de las ciencias”, *Investigación en la Escuela*, n.º 9, pp.17-24.
- Allègre, C. (2005[2003]), *Um Pouco de Ciência para Todos*, Lisboa, Gradiva.
- Almeida, A. N., C. Bastos, J. Ferrão e K. Wall (coords.) (1999), *Perfil da Investigação Científica em Portugal – Antropologia, Demografia, Geografia e Sociologia*, Lisboa, Observatório das Ciências e das Tecnologias.
- Almeida, J. F. e J. M. Pinto (1990 [1989]), *A Investigação nas Ciências Sociais*, Lisboa, Editorial Presença.
- Almeida, J. F. e J. M. Pinto (1986), “Da teoria à investigação empírica. Problemas metodológicos gerais”, em A. S. Silva, e J. M. Pinto (orgs.), *Metodologia das Ciências Sociais*, Porto, Edições Afrontamento, pp. 55-78.
- Alsop, S. e K. Hicks (2012 [2001]), *Teaching Science. A handbook for primary and secondary school teachers*, Nova Iorque, Routledge.
- Alves, R. (2008), *O que é Científico ?*, São Paulo, Edições Layola.
- Alves, R. (2003), *Conversas com Quem Gosta de Ensinar*, Porto, Edições Asa.
- Alves, R. (2002), *Estórias Maravilhosas de Quem Gosta de Ensinar*, Porto, Edições Asa.
- Alves, V. e A. M. Morais (2012), “A sociological analysis of science curriculum and pedagogic practices”, *Pedagogies: An International Journal*, n.º 7(1), pp. 52-71.
- Amante, L. (2004), “Explorando as novas tecnologias em contexto de educação pré-escolar: A actividade de escrita”, *Análise Psicológica*, 1 (XXII), pp.139-154.
- Arcà, M. e S. Caravita (1993), “Le constructivisme ne résout pas tout les problèmes”, *Aster*, n.º16, pp. 77-101.
- Archibugi, D. and B-Å Lundvall (eds) (2002), *The Globalizing Learning Economy*, Oxford, Oxford University Press.
- Aron, R. (1992 [1965]), *As Etapas do Método Sociológico*, Lisboa, Publicações Dom Quixote.
- Ash, T. G. (2001), *História do Presente. Um reencontro com a Europa dos anos 90: a queda do muro de Berlim, a transição para o capitalismo, o Euro, o chão sangrento do Kosovo, os sérvios de Belgrado, a corrupção de Moscovo, Václav Havel e Honecker*, Lisboa, Editorial Notícias.
- Associação Educativa para o Desenvolvimento da Criatividade (s/d), disponível em: <http://www.criatividade.net/> [consultada em 01/10/2014].
- Astolfi, J-P, E. Darot, Y. Ginsburger-Vogel e J. Toussaint (2002), *As Palavras-Chave da Didáctica das Ciências*, Lisboa, Instituto Piaget.
- Atkinson, P. ; A. Coffey ; S. Delamont ; J. Lofland e L. Lofland (2001) (eds.), *Handbook of Ethnography*, Londres, Sage.
- Atkinson, P., M. W. Bauer e G. Gaskell (2000), *Qualitative Researching with Text, Image and Sound: a practical handbook for social research*, Londres, Sage.
- Atkinson, P. e M. Hammersley (1998) (eds.), “Ethnography and participant observation”, em N. Denzin e Y. S. Lincoln (eds.), *Strategies of Qualitative Inquiry*, Londres, Sage, pp. 110-136.
- Ausubel, D. P. (2002 [1968]), *Adquisición y Retención del Conocimiento. Una perspectiva cognitiva*, Barcelona, Paidós.
- Ausubel, D. P. (1969), *School Learning. An introduction to educational psychology*, Nova Iorque, Holt, Rinehart and Winston.
- Ausubel, D. P., J. Novak e H. Hanesian (1978), *Psicologia Educacional*, Rio de Janeiro, Interamericana.

- Ávila, P. (1997), “A distribuição do capital científico: diversidade interna e permeabilidade externa no campo científico”, *Sociologia, Problemas e Práticas*, n.º25, pp. 9-49.
- Ávila, P. (1998), “Práticas científicas: uma tipologia dos investigadores portugueses”, *Sociologia, Problemas e Práticas*, n.º 26, pp. 85-119.
- Ávila, P. (2005), *A Literacia dos Adultos: Competências-chave na Sociedade do Conhecimento*, ISCTE, Lisboa (Tese de Doutoramento).
- Ávila, P., A. P. Gravito e J. Vala (2000), “Cultura científica e crenças sobre a ciência”, em M. E. Gonçalves (org.), *Cultura Científica e Participação Pública*, Oeiras, Celta Editora.
- Aviliez, M. (1996), “Rumo à sociedade cognitiva: ideias-chave do Livro Branco sobre a Educação e a Formação”, *Pessoal*, n.º74 (4/5/6), pp. 10-15.
- Azevedo, F. (2009), “Literacias: contextos e práticas”, em F. Azevedo e M. G. Sardinha (coords.), *Modelos e Práticas em Literacia*, Lisboa, Lidel, pp. 1-16.
- Azevedo, F. e M. G. Sardinha (coords.) (2009a), *Modelos e Práticas em Literacia*, Lisboa, Lidel.
- Azevedo, F. e M. G. Sardinha (2009b), “Palavras Prévias”, em F. Azevedo e M. G. Sardinha (coords.), *Modelos e Práticas em Literacia*, Lisboa, Lidel, pp. xxi-xiv.
- Baptista, A. M. (2004), *Crítica da Razão Ausente*, Lisboa, Gradiva.
- Baptista, A. M. (2002), *O Discurso Pós-Moderno Contra a Ciência. Obscurantismo e irresponsabilidade*, Lisboa, Gradiva.
- Bardin, L (1977), *Análise de Conteúdo*, Lisboa, Edições 70.
- Barel, Y. (1989), *Le Paradoxe et le Système*, Grenoble, Press Universitaires de Grenoble.
- Batista, I. L. e E. M. O. Araman (2009), “Uma abordagem histórico-pedagógica para o ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental”, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol.8, n.º 2, pp. 466-489.
- Becker, H. S. (1994), “Problemas de inferência e prova na observação participante”, *Métodos de Pesquisa em Ciências Sociais*, São Paulo, Hucitec, pp.47-64.
- Becker, H. S. (1958), “Problems in inference and proof in participant observation”, *American Sociological Review*, vol.23, n.º 6.
- Benavente, A. (coord.) (1996), *A Literacia em Portugal – resultados de uma pesquisa extensiva e monográfica*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.
- Benavente, A., A. F. da Costa, F. L. Machado e M. C. Neves (1987), *Do Outro Lado da Escola*, Lisboa, Rolim.
- Ben-Peretz, M. (2001), “The impossible role of educators on a changing world”, *Journal of Teaching Education*, 52(1), pp. 48-56.
- Bennett, J. (2003), *Teaching and Learning Science – a guide to recent research and its applications*, Londres, Continuum.
- Bergmann, J.R. (2002), “Ethnomethodology”, in U. Flick, E.V. Kardorff e I. Steinke (eds.) (2002), *Qualitative Research. A handbook*, London, Sage.
- Bernardo, L. M. (2003), *Cultura Científica em Portugal – uma perspectiva histórica*, Porto, U.Porto Editorial.
- Bertaux, D. (1997), *Les Récits de Vie: Perspective Ethnosociologique*, Paris, Nathan.
- Berthelot, J. M. (2000), “Os novos desafios epistemológicos da sociologia”, *Sociologia – Problemas e Práticas*, n.º33, pp.111-131.
- Bertrand, Y. e P. Guillemet (1989), *Les Organisations: une approche systémique*, Quebeque, Presse de l’Université du Québec.
- Bertrand, Y. e P. Valois (2004), *Paradigmas Educacionais. Escola e sociedades*, Lisboa, Instituto Piaget.
- Bertrand, Y. (2001), *Teorias Contemporâneas da Educação*, Lisboa, Instituto Piaget.
- Bertrand, Y. (1991), *Culture Organisationnelle*, Quebeque, Presse de l’Université du Québec.
- Bloch, E. (1986), “Basic research and economic health – the coming challenge”, *Science*, n.º 232(4750), pp. 595-599.
- Blok, A. (2007), “Experts on public trial: on democratizing expertise through a Danish consensus conference”, *Public Understanding of Science*, 16, pp. 163-182.
- Blum, D. e M. Knudson (eds) (1997), *A Field Guide for science Writers*, Oxford, Oxford University Press.

- Blumer, H. (1962), “Society as symbolic interaction”, em B. Rose (dir.), *Human Behaviour and Social Processes*, Boston, Houghton Mifflin, pp.179-192.
- Boden, M.A. (1994a), *Introduction*, in M. A. Boden, (ed.), *Dimensions of Creativity*, Cambridge, MIT Press.
- Boden, M. A. (ed.) (1994b), *Dimensions of Creativity*, Cambridge, MIT Press.
- Bogdan, R. e S. Biklen (1994), *Investigação Qualitativa em Educação. Uma introdução à teoria e aos métodos*, Porto, Porto Editora.
- Bóia, J. M. P. (2003), *Educação e Sociedade: Neoliberalismo e os desafios do futuro*, Lisboa, Edições Sílabo.
- Bourdieu, P. (2004[2001]), *Para uma Sociologia da Ciência*, Lisboa, Edições 70.
- Bourdieu, P. (2003), “L’objectivation participant”, *The Journal of the Royal Anthropological Institute*, 9-2, pp.281-294.
- Bourdieu, P. (2001), *Science de la Science et Réflexivité*, Paris, Raisons d’Agir.
- Bourdieu, P. et al. (1998 [1993]), *A Miséria do Mundo*, Petrópolis, Editora Vozes.
- Bourdieu, P. (com L. J. D. Wacquant) (1992), *Réponses. Pour une Anthropologie Réflexive*, Paris, Éditions du Seuil.
- Bourdieu, P. et al. (1998 [1993]), *A Miséria do Mundo*, Petrópolis, Editora Vozes.
- Bourdieu, P., J. C. Chamboredon e J-C. Passeron (1968), *Le Métier de Sociologue*, Paris, Mouton Bordas.
- Bourdieu, P. e J. C. Passeron (2000 [1970]), *Reproduction in Education, Society and Culture*, Londres, Sage.
- Branscomb, A. W. (1981), “Knowing how to know”, *Science, Technology & Human Values*, 6 (36), pp. 5-9.
- Braunger, J. e J.P. Lewis (2006), *Building a Knowledge Base in Reading*, Urbana, International Reading Association/The National Council of Teachers of English.
- Bricheno, P., J. Johnston e J. Sears (2000), “Children’s attitudes to science: beyond the men in white coats”, em J. Sears e P. Sorensen (eds.) (2000), *Issues in Science Teaching*, Londres, Routledge.
- Brito, J. M. B., M. Heitor e M. F. Rollo (coords.) (2002), *Engenho e Obra – uma abordagem à história da engenharia em Portugal*, Lisboa, D. Quixote.
- Brunner, J. (2000 [1996]), *A Cultura da Educação*, Lisboa, Edições 70.
- Brunner, J. (2011 [1977]), *O Processo da Educação*, Lisboa, Edições 70.
- Bruner, J. (1977), *The Process of Education*, Cambridge, Harvard University Press.
- Bruner, J. (1999 [1971]), *Para uma Teoria da Educação*, Lisboa, Relógio D’Água Editores.
- Bruner, J. (1971), *Toward a Theory of Instruction*, Cambridge, Harvard University Press.
- Bush, V. (1945), *Science, the Endless Frontier*, United States Government Printing Office, Washington (disponível em <https://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm> [consultado em 6 de Agosto de 2014]).
- Bryman, A. e D. Cramer (1993), *Análise de Dados em Ciências Sociais*, Oeiras, Celta Editora.
- Bryson, B. (2005), *Breve História de Quase Tudo. Uma viagem pela ciência, divertida e prática e muito bem documentada*, Lisboa, Quetzal Editores.
- Burgess, R. G. (2001[1984]), *A Pesquisa de Terreno. Uma introdução*, Oeiras, Celta Editora.
- Burgess, R. G. (1985) (org.), *Strategies of Educational Research: qualitative methods*, Londres, The Falmer Press.
- Bybee, R.W. (1997a), *Achieving Scientific Literacy. From purposes to practices*, Portsmouth, Heinemann.
- Bybee, R.W. (1997b), “Towards an understanding of scientific literacy”, em W. Gräber e C. Bolte (eds.), *Scientific Literacy. An international symposium*, Kiel, IPN, pp. 37-68.
- Cabral, A. (2001), *O Jogo no Ensino*, Lisboa, Notícias Editorial.
- Cachapuz, A., J. Praia e M. Jorge (2002), *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*, Lisboa, Ministério da Educação.
- Cachapuz, A.; J. Praia; D. Gil-Pérez; J. Carrascosa; F. Martínez-Terrades (2001), “A emergência da didáctica como campo específico de conhecimento”, *Revista Portuguesa de Educação*, Vol.14(1), pp. 155-195.

- Cachapuz, A.; J. Praia e M. Jorge (2000), “Perspectivas de ensino das ciências”, em A. Cachapuz, *Formação de Professores/Ciências*, Porto, CEEC.
- Caetano, A. (2003), *Avaliação da Formação Contínua de Professores da Península de Setúbal*, Lisboa, Editora RH.
- Calado, S., I. P. Neves e A. M. Morais (2013), “Conceptual demand of science curricula: A study at the middle school level”, *Pedagogies: An International Journal*, n.º 8(3), pp. 255-277.
- Callon, M. (1989), *La Science et ses Réseaux: gènese et circulation des faits scientifiques*, Paris, Éditions Découverte.
- CALP, Casa do Professor, M. Clara Amorim e Virgo (2003a), *Competências, Currículo e Planificação do 1.º Ciclo – 1.º ano*, 2ª edição, Braga, Editora Nova educação.
- CALP, Casa do Professor, M. Clara Amorim e Virgo (2003b), *Competências, Currículo e Planificação do 1.º Ciclo – 4.º ano*, 2ª edição, Braga, Editora Nova educação.
- Campenhoudt, L. V. (2003[2001]), *Introdução à Análise dos Fenómenos Sociais*, Lisboa, Gradiva.
- Canavarro, J. M. (2000), *O que Se Pensa Sobre a Ciência*, Coimbra, Quarteto Editora.
- Canavarro, J.M (1999), *Ciência e Sociedade*, Coimbra, Quarteto Editora.
- Caraça, J. et al. (2004), *Science Meets Society*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.
- Caraça, J. e M. M. Carrilho, (1992), “O imaterial e o arquipélago dos saberes”, *Colóquio/Ciências*, n.º 12, pp. 83-92.
- Caraça, J. (2003[1993]), *Do Saber ao Fazer: Porquê organizar a ciência*, Lisboa, Gradiva.
- Caraça, J. (2002), *Entre a Ciência e a Consciência*, Porto, Campo das Letras.
- Caraça, J. (2001[1996]), *Ciência*, Lisboa, Quimera.
- Caraça, J. (1999), “Ciência, complexidade e poder”, in *Análise Social*, Vol. XXXIII (151-152), (2.º e 3.º), pp.683-689 (versão on-line disponível em <http://analisesocial.ics.ul.pt/documentos/121879940511vAT3cf3Wc33TT0.pdf> [consultada em 6 de Agosto de 2014]).
- Caraça, J. (1996), “Epicuro proscrito? Ou a ciência, os poderes e a democracia”, em M. E. Gonçalves, (org.) (1996), *Ciência e Democracia*, Venda Nova, Bertrand, pp. 83-90.
- Carrada, Giovanni (2006), *Communicating Science – a Scientist Survival Kit*, European Commission.
- Carvalho, A. A. (2008) (org.), *Manual de Ferramentas da Web 2.0 para Professores*, ME/DGIDC, pp.15-40 (disponível em http://www.crie.min-edu.pt/publico/web20/manual_web20-professores.pdf [consultado em 17/09/2014]).
- Carvalho, A. M. P. de (2002), “El nuevo paradigma de la didáctica de las ciencias experimentales”, *Pensamiento Educativo*, Vol.30 (Julho), pp.295-313.
- Carvalho, G. S. (2009), “Literacia científica: conceitos e dimensões”, em F. Azevedo e M. G. Sardinha (coords.), *Modelos e Práticas em Literacia*, Lisboa, Lidel, pp. 179-194.
- Carvalho, R. de (2001), *História do Ensino em Portugal. Desde a fundação da nacionalidade até ao fim do regime de Salazar-Caetano*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.
- Castells, M. e P. Himanen (2007 [2002]), *A Sociedade de Informação e o Estado-Providência. O modelo Finlandês*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.
- Castilho, S. (2011), *O Ensino Passado a Limpo*, Um sistema de ensino para Portugal e para os portugueses, Porto, Porto Editora.
- Center for Computational and Stochastic Mathematics (s/d), *O Livro da Natureza*, Lisboa, Universidade de Lisboa (disponível em: <http://cemat.ist.utl.pt/livrodanatureza/livro.html> [consultado em 01/08/2014]).
- Chance, P. (1986), *Thinking in the Classroom: a survey of programs*, Nova Iorque, Teachers College Press.
- Chen, M. and S. Armstrong (eds.) (2002), *Edutopia – success stories for learning in the digital age*, São Francisco, Jossey-Bass.
- Cherkaoui, M. (1994[1986]), *Sociologia da Educação*, Mem Martins, Publicações Europa-América.

- Chipman, S. F. e J. W. Segal (2014 [1985]), “Higher cognitive goals for education: an introduction”, em J.W.Segal, S. F. Chipman e R. Glaser (eds.), *Thinking and Learning Skills*, Vol.1: Relating instruction to research, Nova Iorque, Routledge.
- Ciência Viva (2014), disponível em: <http://www.cienciaviva.pt/home/> [consultada em 01/10/2014].
- Cohen, I. J. (2000), “Theories of action and praxis”, in B. S. Turner (org.) (2000), *The Blackwell Company to Social Theory*, 2ª ed., Oxford, Blackwell, pp. 73-111.
- Coll, C. (1999), *Psicologia e Currículo. Uma aproximação psicopedagógica à elaboração do currículo escolar*, (4ª edição), São Paulo, Editora Ática.
- Comenius. J.A. (1657), *Didáctica Magna*, (Tradução de Joaquim Ferreira Gomes, 1989), Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.
- Comissão Europeia (2002a), *Benchmarking the Promotion of RTD Culture and Public Understanding of Science*, Julho de 2002 (disponível em: ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/era/docs/bench_pus_0702.pdf [consultado em 18/09/2014]).
- Comissão Europeia (2002b), *Educação e Formação na Europa: Sistemas diferentes para objectivos comuns para 2010*, Bruxelas.
- Comissão Europeia (2003), “*Educação & Formação para 2010*”. *A urgência das reformas necessárias para o sucesso da Estratégia de Lisboa (projecto de relatório intercalar conjunto sobre a realização do programa de trabalho pormenorizado relativo ao seguimento dos objectivos dos sistemas de educação e formação na Europa)*, Bruxelas, 11.11.2003 COM (2003) 685 final.
- Comissão Europeia (2004a), *Increasing Human Resources for Science and Technology in Europe*, European Commission, Abril 2004: http://europa.eu.int/comm/research/conferences/2004/sciprof/pdf/hlg_report_en.pdf.
- Comissão Europeia (2004b), *La Nouvelle Generation de Programmes Communautaires d’Education et de Formation Post 2006*, Bruxelles, Communication de la Commission, 9.3.2004 COM (2004) 156 final.
- Comissão Europeia/EACEA/Eurydice (2013), *Números-Chave sobre os Professores e os Dirigentes Escolares na Europa. Relatório Eurydice*, Luxemburgo, Serviço de Publicações da União Europeia.
- Conceição, C. P. (2011), *Promoção de Cultura Científica. Análise teórica e estudo de caso do programa Ciência Viva*, ISCTE-IUL, Lisboa, (Tese de Doutoramento).
- Conceição, C. P. (2003), “Protagonistas, e contextos de produção tecnológica em Portugal: o caso da invenção independente”, *Sociologia, Problemas e Práticas*, n. 41, pp.119-138 (também disponível em <http://www.scielo.oces.mctes.pt/pdf/spp/n41/n41a05> [consultado em 18/09/2014]).
- Conceição, P. and M. V. Heitor (2005), *Innovation for All? Learning from the Portuguese path to technical change and the dynamics of innovation*, Londres, Praeger.
- Conceição, P., M. Heitor and B-A Lundvall (eds.), (2003) *Innovation, Competence Building and Social Cohesion in Europe: Towards a Learning Society*, Cheltenham and Northampton, Edward Elgar.
- Conceição, P. e M. V. Heitor (2003), "Policy Integration and Action Diversification: Learning from the Portuguese Path" em P. Conceição, M. Heitor e B-A Lundvall (eds.), *Innovation, Competence Building and Social Cohesion in Europe: Towards a Learning Society*, Cheltenham and Northampton, Edward Elgar.
- Concurso Pensar e Fazer (s/d), disponível em: http://www.engenhoeobra.net/esxx_escola_11.asp?concurso=1 [consultada em 01/10/2014].
- Conde, J., (2001), *Aprendizagens e Ambientes Construtivistas – contributos do pensamento crítico e criativo* (disponível em: http://aedc.cfaedc.net/leituras_artigos_joaconde.htm [consultado em 18/09/2014]).
- Conselho dos Laboratórios Associados (2004), *O Emprego Científico em Portugal: alguns factos*, Relatório da Conferência no CAM/ACARTE em Março de 2004, Lisboa.

- Conselho Nacional de Educação (s/d), “A Educação formal, não formal e informal” (disponível em: <http://www.cnedu.pt/en/> e http://www.cnedu.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=364%3Aeducacao-nao-formal-e-informal-no-iec&catid=42%3Anoticias-e-cne&lang=en [consultado em 30/09/2014]).
- Corbett, P. (2004), *Jumpstart! Keystage 2/3 Literacy Games*, Londres, David Fulton Publishers.
- Correia, J. A. (1998), *Para uma Teoria Crítica em Educação*, Porto, Porto Editora.
- Costa, A. F. da (1999), *Sociedade de Bairro – Dinâmicas Sociais da Identidade Cultural*, Oeiras, Celta Editora.
- Costa, A. F. (1996), “Ciência e reflexividade social. Relações entre ciência e sociedade segundo um inquérito aos investigadores portugueses”, em M. E. Gonçalves (org.), *Ciência e Democracia*, Venda Nova, Bertrand, pp.199-221.
- Costa, A. F. et al. (2005), *Cultura Científica e Movimento Social. Contributos para a análise do Programa Ciência Viva*, Oeiras, Celta Editora.
- Costa, A. F., P. Ávila e S. Mateus (2002), *Públicos da Ciência em Portugal*, Lisboa, Gradiva.
- Costa, A. F. et al. (2000), *Literacia – problemáticas e estudos*, Lisboa, CIES.
- Costa, A. F. (1986), “A pesquisa de terreno em sociologia”, em A. S. Silva e J. M. Pinto (orgs.), *Metodologia das Ciências Sociais*, Porto, Edições Afrontamento.
- Costa, A. F., P. Ávila e M. S. Martinez (2000), “Sociologie d’un laboratoire de biotechnologie”, *Cahiers Internationaux de Sociologie*, CIX.
- Costa, M. A. (2005), *Aprendizagem da Biologia como Actividade de Investigação* (disponível em: http://aedc.cfaedc.net/leituras_artigos_ausendacosta.htm [consultado em 22/08/2014]).
- Coutinho, V. e F. Azevedo (2009), “Condições para o sucesso em literacia: o exemplo finlandês”, em F. Azevedo e M. G. Sardinha (coords.), *Modelos e Práticas em Literacia*, Lisboa, Lidel, pp. 241-260.
- Crato, N. (2005), *O ‘Eduquês’ em Discurso Directo. Uma crítica da pedagogia romântica e construtivista*, Lisboa, Gradiva.
- Cruz, S. (2008), “Blogue, Youtube, Flickr e Delicious: software social”, em Carvalho, A. A. (org.), *Manual de Ferramentas da Web 2.0 para Professores*, ME/DGIDC, pp.15-40 (disponível em http://www.crie.min-edu.pt/publico/web20/manual_web20-professores.pdf [consultado em 17/09/2014]).
- Cruz, S. e A. Carvalho (2007), “Produção de vídeo com o *Movie Maker*: um estudo sobre o envolvimento dos alunos do 9.º ano na aprendizagem”, em M. Silva; A. Silva; A. Couto; F. Peñalvo (eds.), *IX Simpósio Internacional de Informática Educativa*, Porto, Escola Superior de Educação do IPP, pp.241-246.
- Cruz S. e A. A. Carvalho (2005), “Uma aventura na web com Tutankhamon”, em A. Mendes, I. Pereira e R. Costa (eds.), *Simpósio Internacional de Informática Educativa*, Leiria, Escola Superior de Educação de Leiria, pp. 201-206.
- Cury, A. (2006), *A Inteligência Multifocal. Análise da construção dos pensamentos e da formação dos pensadores*, São Paulo, Cultrix [1ª edição: 1998; 8ª edição, revista e ampliada].
- Cury, A. (2008), *O Código da Inteligência. A formação de mentes brilhantes e a busca da excelência emocional e profissional*, Lisboa, Editora Pergaminho.
- Cury, A. (2012), *Pais brilhantes, Professores Fascinantes. Como formar jovens felizes e inteligentes*, Lisboa, Editora Pergaminho.
- Cury, A. (2013), *Filhos Brilhantes, Pais Fascinantes*, Lisboa, Editora 11x17.
- Danermark, B., M. Ekström, L. Jacobsen e J. Karlsson (2002 [1997]), *Explaining Society. Critical realism in the social sciences*, Londres, Routledge.
- Deary, I. (2006), *A Inteligência. Compreender*, Vila Nova de Famalicão, Quasi Edições.
- Delamont, S. (2013), *Key Themes in the Ethnography of Education*, Londres, Sage.
- Delgado Domingos, J. (2006), “Uma falsa questão para Portugal”, em J. N. Rodrigues e V. Azevedo (coords.) (2006), *Nuclear. O debate sobre o novo modelo energético em Portugal*, Vila Nova de Gaia, Centro Atlântico.

- Delgado-Martins, M. R., G. Ramalho e A. Costa (orgs) (2000), *Literacia e Sociedade. Contribuições Disciplinares*, Lisboa, Editorial Caminho.
- Delicado, A. et al. (2012), “Discursos técnico-científicos sobre energias renováveis em Portugal”, VII Congresso Português de Sociologia, 19 a 22 de Junho, Faculdade de Letras do Porto/Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação, Área temática ST7: Conhecimento, Ciência e Tecnologia (disponível em http://www.aps.pt/vii_congresso/papers/ finais/PAP1064_ed.pdf [consultado em 21 de Agosto de 2014]).
- Delors, J. (coord.) (2001 [1996]), *Educação: um tesouro a descobrir*, Porto, Edições Asa (também disponível em (Português do Brasil): <http://ftp.infoeuropa.euroid.pt/database/000046001-000047000/000046258.pdf> [consultada em 31/08/2004]).
- Demazière, D. e C. Dubar (1997), *Analyser les Entretiens Biographiques*, Paris, Nathan.
- Denzin, N. K. (1989), *The Research Act*, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall.
- Departamento de Ciências da Terra (s/d), *Concepções Alternativas e Mudança Conceptual*, Universidade do Minho, (disponível em: <http://www.dct.uminho.pt/biogeorecursos/met/file1.pdf> [consultado em 26/08/2014]).
- Derouet, J-L (2004), “A sociologia das desigualdades de educação numa sociedade crítica”, *Sociologia – Problemas e Práticas*, n. °45, pp.131-143
- Deus, J. D. (2003), *Da Crítica da Ciência à Negação da Ciência*, Lisboa, Gradiva.
- Deus, J. D. (1990[1986]), *Ciência, Curiosidade e Maldição*, Lisboa, Gradiva.
- Diário da República (1986), *Lei de Bases do Sistema Educativo, de 14 de Outubro* (disponível em: <http://dre.pt/pdf1sdip/1986/10/23700/30673081.pdf> [consultada em 24/08/2014]).
- Diário da República (1997), *Lei n.º 115/97, de 19 de Dezembro* (disponível em: <http://dre.pt/pdf1sdip/1997/09/217A00/50825083.pdf> [consultada em 24/08/2014]).
- Diário da República (2005), *Lei n.º 49/2005, de 31 de Agosto* (disponível em: <http://dre.pt/pdf1sdip/2005/08/166A00/51225138.pdf> [consultada em 24/08/2014]).
- Diário da República (2009), *Lei n.º 85/2009, de 27 de Agosto* (disponível em: <http://dre.pt/pdf1sdip/2009/08/16600/0563505636.pdf> [consultada em 24/08/2014]).
- Diário de Notícias, “Cancro está a deixar de ser ‘incurável’ para passar a ser “doença crónica”, (disponível em: http://www.dn.pt/inicio/portugal/interior.aspx?content_id=3776801 [consultado em 31/08/2014]).
- Dias, P. J. C. G. C. (2007), “Aprendizagem das ciências. O contexto familiar e a aprendizagem em sala de aula com um professor: um mesmo xadrez mas jogado em dois tabuleiros”, CIES e-working paper n.º 35/2007 (disponível em: http://www.cies.iscte.pt/destaques/documents/CIES-WP35_Dias__000.pdf [consultado em 21/09/2014]).
- Dickinson, D. K. (ed.) (1994), *Bridges to Literacy – children, families and schools*, Oxford, Basil Blackwell.
- Didáctica da Biologia (2000), disponível em: <http://www.bionet.ua.pt/conversa.html> [consultada em 01/10/2014].
- Diego, C. (1996), “O papel cultural do cientista nas sociedades pós-industriais”, em M. E. Gonçalves (org.) (1996), *Ciência e Democracia*, Venda Nova, Bertrand, pp.279-309.
- Dierkes M. e C. von Grote (eds.) (2000), *Between Understanding and trust. The public, science and technology*, Londres, Routledge.
- Douglas, J. (1976), *Investigative Social Research*, Beverly Hills, Sage.
- Driver, R. et al. (2004[1994]), *Making Sense of Secondary Science: Research into Children’s Ideas*, Londres, Routledge.
- Driver, R. et al. (2000[1985] (eds.), *Children’s Ideas in Science*, Filadélfia, Open University Press.
- Driver, R. (1991[1983]), *Pupil as Scientist?*, Filadélfia, Open University Press.
- Druker, P. (2002), *Managing in the Next Society*, Nova Iorque, Truman Talley Books.
- Dubet, F. (2001), “École: La Question du Sens” em J.C. Ruano-Borbaland, (coord.), *Éduquer et Former: les connaissances et les débats en éducation et en formation*, 2ª Édition, Auxerre, Science Humaines Éditions.

- Dubois, M. (2005), “L’action scientifique: modèles interprétatifs et explicatifs en sociologie”, *L’Année Sociologique*, 55, n.º1, pp. 103-125.
- Dubois, M. (2001), *La Nouvelle Sociologie des Sciences*, Paris, Presses Universitaires de France.
- Dubois, M. (1999), *Introduction à la Sociologie des Sciences*, Paris, PUF.
- Durkheim, E. (2011 [1922]), *Educação e Sociologia*, Lisboa, Edições 70.
- Duschl, R. e D. Gitomer (1991), “Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice”, *Journal of Research in Science Teaching*, n.º 28(9), pp. 839-858.
- Edmonson, J. H. e J. Withe (1998), *A Tutorial and Counseling Program: Helping Students at Risk of Dropping Out of High School*, *Professional School Counseling*, 1(4), 43-47.
- Einsiedel, E. (2000), “Understanding ‘publics’ in the public understanding of science”, em M. Dierkes e C. von Grote (eds.), *Between Understanding and trust. The public, science and technology*, Londres, Routledge.
- Einstein, A. (2000), *The Expanded Quotable Einstein*, Princeton-Nova Jérsea, Princeton University Press (editado por Alice Calaprice e com prefácio de Freeman Dyson).
- Ennis, R. H. (1985), “A logical basis for measuring critical thinking skills”, *Educational Leadership*, n.º 43 (2), pp.44-48.
- Ennis, R. H. (1987), “A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities”, em J. B. Baron, e R. J. Sternberg (eds.), *Teaching Thinking Skills: theory and practice*, Nova Iorque, W.H. Freeman and Company .
- Erickson, F. (1986), *Qualitative methods in research on teaching*, em M.C. Wittrock, *Handbook on Research on Teaching*, Nova Iorque, MacMillan, pp.119-161.
- Estanqueiro, A. (2010), *Boas Práticas na Educação. O papel dos professores*, Lisboa, Editorial Presença.
- European Research Area (ERA) (2014), disponível em: http://ec.europa.eu/research/era/index_en.htm [consultada em 01/10/2014].
- Exposição *Engenho e Obra* (s/d), disponível em: www.engenhoeobra.net [consultada em 01/10/2014].
- Eysenck, H.J. (1994), “The measurement of creativity”, em M. A. Boden (ed.), *Dimensions of Creativity*, Cambridge, MIT Press.
- Fausto, R., C. Fiolhais e J. F. Queiró (2003), *Fronteiras da Ciência*, Lisboa, Gradiva.
- Fensham, P.J. (2004), *Defining an Identity: The evolution of science education as a field of research*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Ferrão, J. e F. Honório (coords.) (2000) *Saída Prematura do Sistema Educativo: Aspectos da situação, causas e perspectivas em termos de emprego e formação*, Lisboa, IEFP.
- Ferrão, P., P. Conceição e R. Baptista (coords.) (2005), *Preparar Portugal para um Novo Ciclo de Fundos Estruturais 2007 – 2013. Inovação, Empreendedorismo e Desenvolvimento: O que podemos aprender da investigação para a formação e políticas públicas nas áreas da ciência, inovação e crescimento económico e desenvolvimento sustentável. Um estudo a apresentar ao Observatório do QCA III*, Lisboa, IN+/IST/UTL.
- Ferraroti, F. (1983), *Histoire et Histoires de Vie. La ,méthode biographique dans les sciences sociales*, Paris, Librairie des Méridiens.
- Ferreira, N. (2014), “Médico ‘herói nacional’ da Serra Leoa morreu com o vírus do ébola”, *Jornal Público*, versão online, disponível em : <http://www.publico.pt/mundo/noticia/medico-heroi-nacional-da-serra-leoa-morreu-com-o-virus-do-ebola-1664740> [consultado em 01/08/2014]).
- Ferreira, P.T. (1994), *Reinventar a criatividade – dirigentes em tempo de mudança*, Lisboa, Editorial Presença.
- Ferreira, S. e A. M. Morais (2013), “The nature of science in science curricula: Methods and concepts of analysis”, *International Journal of Science Education*, n.º 35(16), pp. 2670–2691.
- Ferreira, S., A. M. Morais e I. P. Neves (2011), “Science curricula design. Analysis of authors’ ideological and pedagogical principles”, *International Studies in Sociology of Education*, n.º 21(2), pp.137-159.

- Ferreiro, E. (1997), *Alfabetización. Teoría y práctica*, México, Siglo XXI Editores.
- Fiolhais, C. (2005), *Curiosidade Apaixonada*, Lisboa, Gradiva.
- Fiolhais, C. (2003 [2002]), *A Coisa Mais Preciosa que Temos*, Lisboa, Gradiva.
- Fiolhais, C. (2013) (coord.), *Metas Curriculares do 3.º Ciclo do Ensino Básico: Ciências físico-químicas*, Lisboa, Ministério da Educação e Ciência.
- Flick, U., E.V. Kardorff and I. Steinke (eds) (2002), *Qualitative Research. A handbook*, Londres, Sage.
- Flick, U. (2005), *Métodos Qualitativos na Investigação Científica*, Lisboa, Monitor.
- Florida, R. (2002), *The Rise of the Creative Class*, Nova Iorque, Basic Books.
- Folquié, P. (1978), *Dicionário da Língua Pedagógica*, Lisboa, Livros Horizonte.
- Fontes, A. e I. R. da Silva (2004), *Uma Nova forma de Aprender Ciências. A educação em Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS) [teoria e prática]*, Porto, Asa Editores.
- Frazer, B. e K.G. Tobin (eds.) (1998), *International Handbook of Science Education*, vol.1, Londres, Kluber Academic Publishers.
- Fourez, G. M. V. Englebert-Lecomte, D. Grootaers e F. Tilman (1994), *Alphabétisation Scientiphique et Technique*, Bruxelas, De Boeck Université.
- Fundação para a Ciência e a Tecnologia (2014), disponível em: <http://www.fct.pt/> [consultada em 01/10/2014].
- Gadea, I, A. Vilches e D. Gil (2009), “Posibles usos de la prensa en la educación científica e tecnológica”, *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, n.º 23, pp. 153-169.
- Gago, M. (2004), “Prefácio” em M. Heitor (org.), *Pensar e Fazer Engenharia com os Mais Novos: um ensaio sobre cultura tecnológica para pais e educadores*, Lisboa, D. Quixote.
- Gago, M. (1990), *Manifesto para a Ciência em Portugal*, Lisboa, Gradiva.
- Garfinkel, H. (1986), *Ethnomethodological Studies of Work*, London, Routledge and keagon Paul.
- Garfinkel, H. (1967), *Studies in Ethnomethodology*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Geertz, C. (1979), “From the native’s point of view. On the nature of anthropological understanding”, em P. Rabinow e W. Sullivan (eds.), *Interpretative Social Science*, Berkely, University of California Press.
- George Lucas Educational Foundation (GLEF/EDUTOPIA) (2014), disponível em: <http://www.glef.org> [consultada em 01/10/2014].
- Giddens, A. (2000 [1979]), *Dualidade da Estrutura – Agência e estrutura*, Oeiras, Celta Editora.
- Giddens, A. (1984), *The Constitution of Society: Outline of the theory of structuration*, Cambridge Polity Press.
- Gil, F. (2001), “Cultura científica e senso comum”, em F. Gil (2001), *Mediações*, Imprensa Nacional – Casa da Moeda, pp.459-468.
- Gil, F. (1999), “A ciência tal qual se faz e o problema da objectividade”, em F. Gil (coord.), *A Ciência Tal Qual Se Faz*, Lisboa, João Sá da Costa, pp.9-29.
- Gil, F. (1986), *Provas*, Imprensa Nacional – Casa da Moeda.
- Gil, F. (1984), *Mimésis e Negação*, Imprensa Nacional – Casa da Moeda.
- Gil, D. et al. (2002), “Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada”, *Revista Iberoamericana de Educación*, n.º 28, pp. 128-155.
- Gil-Pérez, D., J. Guisasola, A. Moreno, A. Cachapuz, A.M. Pessoa de Carvalho, J. Martínez-Torregosa, J. Salinas, P. Valdés., E. González, A. Gene-Duch., A. Dumascarré, H. Tricário e R. Gallego (2002), “Defending constructivism in science education”, *Science & Education*, Vol. 11, pp. 557-571.
- Gil-Pérez, D., C. Sifredo, P. Valdés e A. Vilches (2005), “Cuál es la importancia de la educación científica en la sociedad actual?” em D. Gil-Pérez, B. Macedo, J. Martínez Torregrosa, C. Sifredo, P. Valdés e A. Vilches (eds.), *Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*, Santiago, OREALC/UNESCO, pp. 15-28 (Disponível em: <http://www.oei.es/decada/139003S.pdf> [consultada em 18/09/2014]).

- Glaser, B. G. and A. L. Strauss (1967), *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for qualitative research*, Nova Iorque, Aldine.
- Glaser, E.M. (1985), “Critical thinking: education for responsible citizenship in a democracy”, *National Forum*, n.º 65, pp. 24-27.
- Goerig, M. e H. Wulf (2013), “Eher Day – no laughing matter. The birth of modern anaesthesia”, *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Scherzther*, 48(10), pp. 648-51.
- Goleman, D. (1996), *Inteligência Emocional*, Lisboa, Temas e Debates.
- Goleman, D. (2006), *Inteligência Social. A nova ciência das relações humanas*, Lisboa, Círculo de Leitores.
- Gomes, M. C. (2003), “Literexclusão na vida quotidiana”, em *Sociologia – Problemas e Práticas*, n.º 41, pp.63-92.
- Gómez Crespo, M. A., M. S. Gutiérrez Julián e M. J. Martín-Días (2001), “Educación e cultura científicas: los contenidos CTS, una vía hacia la alfabetización científica”, *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, Vol. 2, VI Congreso, pp. 25-26.
- Gonçalves, M. E. (2002), “Introdução geral” em M. E. Gonçalves (org.), *Os Portugueses e a Ciência*, Lisboa, D. Quixote, pp. 9-29.
- Gonçalves, M. E. (2000), “Ciência, política e participação: O caso de Foz Côa”, em M. E. Gonçalves (org.), *Cultura Científica e Participação Pública*, Oeiras, Celta Editora, pp. 201-230.
- Gonçalves, M. E. (org.) (2000), *Cultura Científica e Participação Pública*, Oeiras, Celta Editora.
- Gonçalves, M. E. (1996), “Ciência e política em Portugal: o caso da doença das ‘vacas loucas’”, em M. E. Gonçalves (org.), *Ciência e Democracia*, Lisboa, Bertrand, pp.121-139.
- Gonçalves, M. E. (org.) (2002), *Os Portugueses e a Ciência*, Lisboa, D. Quixote.
- Gonçalves, M.E. (org.) (1996), *Ciência e Democracia*, Venda Nova, Bertrand.
- Governo de Portugal (2011), *Comunicado do Conselho de Ministros de 6 de Janeiro de 2011* (disponível em: <http://www.portugal.gov.pt/pt/o-governo/arquivo-historico/governos-constitucionais/gc18/comunicados-cm/cm-2011/20110106.aspx> [consultado em 30/09/2014]).
- Granado, António (2001), *Como Falar com Jornalistas sem Ficar à Beira de um Estado de Nervos*, Lisboa, Gradiva.
- Graue, M. E. e D. J. Walsh (2003), *Investigação Etnográfica com Crianças: Teorias, métodos e ética*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.
- Gregory, J. e S. Miller (1998), “Como é que o público compreende a ciência”, em A. Wilson (org.), *Manual de Comunicação em Ciência. Como transmitir num minuto ou numa página anos de trabalho e investigação*, Sintra, Editora Replicação, pp.3-15.
- Grilo, M. (2002), *Desafios da Educação. Ideias para uma política educativa do século XXI*, Lisboa, Oficina do Livro.
- Groulx, L-H (1997), “Contribution de la recherche qualitative à la recherche sociale”, em J. Poupart et al., *La Recherche Qualitative, Enjeux Épistémologiques et Méthodologiques*, Gaetan Morin, Canadá, pp. 55-111.
- Guerra, I. C. (2012[2006]), *Pesquisa Qualitativa e Análise de Contéudo. Sentidos e formas de uso, Parede, Príncípia*.
- Guimarães, R. A. (1998), *Política Industrial e Tecnológica e Sistemas de Inovação*, Oeiras, Celta Editora.
- Guilford, J. P. (1967), *The Nature of Human Intelligence*, Nova Iorque, McGraw-Hill.
- Guilford, J. P. (1950), “Creativity”, *American Psychologist*, n.º 5, pp. 444-454.
- Halldén, O. (1999), “Conceptual change and contextualization”, em W. Schnotz, S. Vosniadou e M. Carretero (eds.), *New Perspectives on Conceptual Change*, Oxford, Pergamon, Elsevier Science, pp. 53-65.
- Halpern, D.F. (2014 [1985]), *Thought and Knowledge: An introduction to critical thinking*, Nova Iorque, Psychology Press.
- Hankins, T. L. (2004), *Ciência e Iluminismo*, Porto, Porto Editora.
- Heitor, M. (org.) (2004), *Pensar e Fazer Engenharia com os Mais Novos: Um ensaio sobre cultura tecnológica para pais e educadores*, Lisboa, D. Quixote.

- Heitor, M., H. Horta e E. Ramiro (2004), *Engenho e Obra: um instrumento de difusão de cultura tecnológica?*, Centro de Estudos em Inovação, Tecnologia e Políticas de Desenvolvimento, Instituto Superior Técnico, Relatório Interno.
- Heitor, M., M. J. Francisco e E. Ramiro (2004), “O contexto: uma exposição e um concurso numa sociedade em mutação”, em M. Heitor (org.) *Pensar e Fazer Engenharia com os Mais Novos: um ensaio sobre cultura tecnológica para pais e educadores*, Lisboa, D. Quixote, pp. 30-47.
- Heitor, M., J. M. B. de Brito, M. F. Rollo, H. Cayatte, H. Pessoa e R. Trindade (coords.) (2003), *Engenho e Obra – Memória de uma exposição*, Lisboa, D. Quixote.
- Heller, A. (1977), *Historia y Vida Cotidiana*, Barcelona, Ediciones Península.
- Hesselbein, F., M. Goldsmith e R. Beckhard (eds.) (1997), *The Organization of the Future*, São Francisco, Jossey-Bass Publishers.
- Hodson, D. (1993), “Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science”, *Studies in Science Education*, 22, pp. 85-142.
- Hodson, D. (1992a), “In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education”, *International Journal of Science Education*, n.º 14(5), pp. 541-566.
- Hodson, D. (1992b), “Redefining and reorienting practical work in school science”, *School Science Review*, 73, 24, pp. 65-78.
- Hodson, D. (1990), “A critical look at practical work in school science”, *School Science Review*, 70, 256, pp. 33-40.
- Hohmann, M. e D. P. Weikart (2004[3ªedição]), *Educar a Criança*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.
- Holbrook, J. e M. Rannikmaer (2009), “The meaning of scientific literacy”, *International Journal of Environmental & Science Education*, vol.4, n. º3, Julho, pp. 275-288.
- Holbrook, J. (2008), “Introduction to the special issue of science education International devoted to PARSEL”, *Science Education International*, n.º 19(3), pp. 257-266.
- Holton, R. J. (1992), *Economia e Sociedade*, Lisboa, Instituto Piaget.
- Horta, H. (2005), “Infra-estruturas, recursos humanos e reforço institucional”, em P. Ferrão, P. Conceição e R. Baptista (coords.), *Preparar Portugal para um Novo Ciclo de Fundos Estruturais 2007 – 2013. Inovação, Empreendedorismo e Desenvolvimento: O que podemos aprender da investigação para a formação e políticas públicas nas áreas da ciência, inovação e crescimento económico e desenvolvimento sustentável. Um estudo a apresentar ao Observatório do QCA III*, Lisboa, IN+/IST/UTL.
- Horta, H. e E. Ramiro (2005), “Desenvolvimento científico: vencer o atraso”, em P. Ferrão, P. Conceição e R. Baptista (coords.), *Preparar Portugal para um Novo Ciclo de Fundos Estruturais 2007 – 2013. Inovação, Empreendedorismo e Desenvolvimento: O que podemos aprender da investigação para a formação e políticas públicas nas áreas da ciência, inovação e crescimento económico e desenvolvimento sustentável. Um estudo a apresentar ao Observatório do QCA III*, Lisboa, IN+/IST/UTL.
- Hurd, P. deH. (1998), “Scientific Literacy: new minds for a changing world”, *Science Education*, n.º 82 (3), pp. 407-416.
- Hurd, P. deH. (1958), “Science Literacy: Its meaning for american schools”, *Educational Leadership*, n.º 16(1), pp. 13-16.
- Instituto do Emprego e Formação Profissional (2004), *Informação Mensal do Mercado de Emprego*, MSST/IEFP.
- Instituto Superior de Agronomia – Universidade de Lisboa (2014), disponível em: <http://www.isa.ulisboa.pt/> [consultada em 01/10/2014].
- Instituto Superior Técnico de Lisboa – Universidade de Lisboa (IST) (2014), disponível em: <http://tecnico.ulisboa.pt/> [consultada em 01/10/2014].
- International Council for Science (ICSU) (2014), disponível em: <http://www.icsu.org/> [consultada em 01/10/2014].
- Iturra, R. (1986), “Trabalho de campo e observação participante em antropologia” em A. S. Silva e J. M. Pinto (orgs.), *Metodologia das Ciências Sociais*, Porto, Edições Afrontamento, pp. 149-163.

- Jenkins, E. W. (1994), “Science literacy”, em T. Husen e T.N. Postlethwaite (eds.), *The International Encyclopedia of Education*, Oxford, Pergamon Press, vol. 9, pp. 5345-5350.
- Jerit, J. (2006), “Citizens, knowledge, and the information environment”, *American Journal of Political Science*, Vol.50, n.º 2 (Abril), pp. 266-282.
- Jessor, R., A. Colby e R.A. Shweder (eds.) (1996), *Ethnography and Human Development*, Chicago, Chicago University Press.
- Jesuíno, J. C. (1996), Imagens e contextos da Ciência, em M. E. Gonçalves (org.), *Ciência e Democracia*, Venda Nova, Bertrand, pp.161-198.
- Jesuíno, J. C., L. Amâncio, P. Ávila, G. Carapinheiro, A. F. da Costa, F. L. Machado, T. Patrício, A. Stoleroff e J. Vala (1995), *A Comunidade Científica Portuguesa nos Finais do Século XX – comportamentos, expectativas e atitudes*, Oeiras, Celta Editora.
- Johnson, J. M. (1975), *Doing field reseach*, Nova Iorque, Free Press.
- Johnsey, R. et al. (2004[2000]), *Primary Science: Knowledge and Understanding*, Southernhay East, Learning Matters.
- Joint Research Centre, The European Commission's in-house science service (s/d) (disponível em: <http://www.jrc.es/home/report/english/articles/vol82/SCI2E826.htm> [consultado em 16/08/2004]).
- Jorgensen, D. L. (1989), *Participant Observation. A methodology for human studies*, Londres, Sage.
- Junqueiro, R. (2002), *A Idade do Conhecimento. A nova era digital*, Lisboa, Editorial Notícias.
- Kaplún, M. (1997), “De médio y fines en comunicación”, *Chasqui – Revista Latinoamericana de Comunicación*, Quito, Centro Internacional de Estudios Superiores de Comunicación para América Latina (CIESPAL).
- Kast, F. e J. Rozensweig (1985), *Organization and Management: a systems and contingency approach*, Nova Iorque, McGraw-Hill.
- Kaufmann, J-C (1996), *L'Entretien Compréhensif*, Paris, Nathan.
- Kennicutt, M. C.; S. L. Chown; J. J. Cassano; D. Liggett; R. Masson; L. S. Peck; S. R. Rintoul; J. W. V. Storey; D. G. Vaughan; T. J. Wilson e W. J. Sutherland (2014), “Polar Research: six priorities for Antarctic science (comment)”, *Nature*, vol.512, pp. 23-25 (disponível em: http://www.nature.com/polopoly_fs/1.15658!/menu/main/topColumns/topLeftColumn/pdf/512023a.pdf [consultada em 07/08/2014]).
- Kirk, J. e M. L. Miller (1986), *Reliability and Validity in Qualitative Research*, Beverly Hill, Sage.
- Knorr-Cetina, K. (1981), *The Manufacture of Knowledge: An Essay on the constructivist and contextual nature of science*, Oxford, Pergamon Press.
- Knorr-Cetina, K. e M. Mulkay (eds) (1983), *Science Observed: Perspectives on the social studies of science*, London, Sage.
- Kohli, V. e K. L. Nyberg (1995), *Teen Pregnancy Prevention Through Education*, Bakersfield, California State University (disponível em http://www.csus.edu/calst/government_affairs/reports/teen_pregnancy_prevention_through_education.pdf [consultado em 18/09/2014]).
- Kuhn, T. (2009[1962]), *A Estutura das Revoluções Científicas*, Lisboa, Editora Guerra e Paz.
- Ladrière, J. (1999) “A interpretação na Ciência” em F. Gil (coord.), *A Ciência Tal Qual Se Faz*, Lisboa, João Sá da Costa, pp. 105-136.
- Lakatos, I. (1983[1978]), *La Metodología de los Programas de Investigación Científica*, Madrid, Alianza Universidad.
- Lança, I. S. (org.) (2000), *A Indústria Portuguesa. Especialização internacional e competitividade*, Oeiras, Celta Editora.
- Latas, A. P. (2011), “O desenvolvimento local. Um argumento para uma educação mais inclusiva”, em D. Rodrigues (org.), *Educação Inclusiva. Dos conceitos às práticas de formação*, Lisboa, Instituto Piaget, pp. 17-28.
- Latour, B. (1989), *La Science en Action*, Paris, La découverte.
- Latour, B. e S. Woolgar (1993), *La vie de laboratoire*, Paris, La découverte.

- Latour, B. (1995), *Le Métier de Chercheur. Regard d'un Anthropologue*, Paris, INRA Éditions.
- Laugksch, R. C. (2000), "Scientific literacy: a conceptual overview", *Science Education*, n.º 84, pp. 71-84.
- Layder, D. (1998), *Sociological Practice. Linking theory and social research*, Londres, Sage.
- Lederman, N. G. (1992), "Students and teachers' conceptions of the nature of Science: a review of the research", *Journal of Research in Science Education*, n.º 29, pp. 331-359.
- Lederman, N. G. e J. S. Lederman (2004), "The nature of the science and scientific inquiry", em Venville, G. e V. Dawson (eds.), *The teaching of Science*, NSW, Allen & Unwin.
- Lee, R. M. (2003[2000]), *Métodos Não Interferentes em Pesquisa Social*, Lisboa, Gradiva.
- Lessard-Hébert, M., G. Goyette e G. Boutin (2005), *Investigação Qualitativa. Fundamentos e práticas*, Lisboa, Instituto Piaget.
- Lévy, P. (1994), *As Tecnologias da Inteligência: O futuro do pensamento na era da informática*, Lisboa, Instituto Piaget.
- Lévy, P. (1997), *A Inteligência Colectiva: Para uma antropologia do ciberespaço*, Lisboa, Instituto Piaget.
- Lewenstein, B. V. (1996), "Que tipo de programas de 'compreensão da ciência pelo público em geral' melhor servem uma democracia?", em M. E. Gonçalves (org.) (1996), *Ciência e Democracia*, Venda Nova, Bertrand, pp.311-329.
- Lezan, J. e L. Soneryd (2007), "Consulting citizens: technologies of elicitation and the mobility of publics", *Public Understanding of Science*, 16. pp. 279-297.
- Lima, M. P. (1995, 4ª edição), *Inquérito Sociológico – Problemas de Metodologia*, Lisboa, Editorial Presença.
- Lindley, R. M. (2000), "Economia baseada no conhecimento. O debate europeu sobre emprego num novo contexto", em M. J. Rodrigues (2000) (coord.), *Para uma Europa da Inovação e do Conhecimento. Emprego, reformas económicas e coesão social*, Oeiras, Celta Editora, pp. 33-78.
- Linn, M.C. (1986) (ed.), "Establishing a research base for science education: challenges, trends, and recommendations", *Journal of Research in Science Teaching*, vol.24, n.º 3, pp. 191-216.
- Logo Foundation (2011), disponível em: <http://el.media.mit.edu/logo-foundation/logo/index.html> [consultada em 01/10/2014].
- Lopes, J. B., F. Paixão, J. Praia, C. Guerra e A. F. Cachapuz (2005), "Epistemologia da didáctica das ciências: um estudo sobre o estado da arte da investigação", *Enseñanza de las Ciencias*, Numero Extra, VII Congreso (disponível em: http://ensciencias.uab.es/webblues/www/congres2005/material/comuni_orales/3_Relacion_invest/3_1/Lopes_106.pdf [consultado em 27 de outubro de 2008]).
- López, G. C. e J. Scott (2000), *Social Structure*, Buckingham, Open University Press.
- Louro, P. e P. A. Fernandes (2004), "A intervenção autárquica no campo educativo: estudo de caso num município da área metropolitana de Lisboa", *Análise Psicológica*, 1 (XXII), pp. 273-287.
- Louryan, S. e F. Thys-Clement (dirs.) (1999), *Enseignement Secondaire et Enseignement Universitaire. Quelles missions pour chacun ?*, Bruxelles, Editions de L'Université de Bruxelles.
- Lynch, M. (1985), *Act and Artifact in Laboratory of Science*, Londres, Routledge.
- Lynch, M. e R. McNally (1999), "Aprisionando um monstro: a produção de representações num campo impuro", em F. Gil (coord.) (1999), *A Ciência Tal Qual Se Faz*, Lisboa, João Sá da Costa, pp.159-186.
- Machado, F. L. e I. Conde (1989), "Públicos da divulgação científica: imagens e sociografia", *Sociologia, Problemas e Práticas*, n.º6, pp. 81-100 (também disponível em: <http://sociologiapp.iscte.pt/pdfs/34/376.pdf> [consultado em 18/09/2014]).
- Machado, F. L. e I. Conde (1988), "A divulgação científica em Portugal: do lado da produção", *Sociologia, Problemas e Práticas*, n.º5, pp. 11-38 (também disponível em: <http://sociologiapp.iscte.pt/pdfs/35/384.pdf> [consultado em 18/09/2014]).

- Magalhães, S. I. R. e C. Tenreiro-Vieira (2006), “Educação em ciências para uma articulação ciência, tecnologia, sociedade e pensamento crítico. Um programa de formação de professores”, *Revista Portuguesa de Educação*, n.º 19(2), pp. 85-110 (disponível em: <http://www.scielo.oces.mctes.pt/pdf/rpe/v19n2/v19n2a05.pdf> [consultado em 29/08/2014]).
- Malheiros, J. e T. de Sousa (2005), “Manuel Castells: ‘Não precisamos de inventar outra estratégia de Lisboa’”, *Jornal Público*, 10 de Março (disponível em: http://www.publico.pt/economia/noticia/manuel-castells-nao-precisamos-de-inventar-outra-estrategia-de-lisboa_1217814 [consultado em 01/09/2014]).
- Martinez, M. S., P. Ávila e A. F. da Costa (1994), “A tensão superficial: ciência e organização num centro de investigação científica”, *Sociologia, Problemas e Práticas*, n.º16, pp.75-109.
- Martins, I. (2005), « Literacia científica. Um objectivo cultural” (disponível em: http://membros.aveiro-digital.net/esmc/literacia/apresentacao_ficheiros/frame.htm#slide0010.htm [consultado 09 Março 2006]).
- Marujo, H. A. et al. (2004[1999]), *Educar para o Optimismo. Guia para professores e pais*, Lisboa, Editorial Presença.
- Massada, J. (2003), *Vale a Pensa ser Cientista? II*, Porto, Campo das Letras.
- Massada, J. (2002), *Vale a Pensa ser Cientista?*, Porto, Campo das Letras.
- Mata, P. et al. (2004), “Cientistas de palmo e meio: Uma brincadeira muito séria”, *Análise Psicológica*, 1 (XXII), pp.169-174.
- Mateus, S. (2002), “Futuros prováveis: um olhar sociológico sobre os projectos de futuro no 9.º ano”, *Sociologia – Problemas e Práticas*, n.º 39, pp. 117-149.
- Mathews, M. R. (1994), *Science Teaching. The role of history and philosophy of science*, Nova Iorque, Routledge.
- Matias, O. e P. Martins (2005), *Biologia – 12.º ano*, Porto, Areal Editores.
- May, T. and M. Williams (1998), *Knowing the Social World*, Buckingham, Open University Press.
- Merton, R. K. (1996a[1995]), “Opportunity structure”, em R. Merton (1996) (editado por Piotr Sztompka), *On Social Structure and Science*, Chicago, The University of Chicago Press, pp. 153-161.
- Merton, R. K. (1996b[1988]), “The Matthew effect II” em R. Merton (1996) (edited by Piotr Sztompka), *On Social Structure and Science*, Chicago, The University of Chicago Press, pp.318-335.
- Merton, R. K. (1996c[1975]), “Paradigm for a structural analysis in sociology”, em R. Merton (1996) (editado por Piotr Sztompka), *On Social Structure and Science*, Chicago, The University of Chicago Press, pp. 101-109.
- Merton, R. (1996d[1972]), “Insiders and outsiders: a chapter in the sociology of knowledge” em W. Sollors (ed.) (1996), *Theories of Ethnicity. A classical reader*, Eastbourne, Palgrave, pp. 325-369.
- Merton, R. K. (1996e[1957]), “The role-set”, em R. Merton (1996) (editado por Piotr Sztompka), *On Social Structure and Science*, Chicago, The University of Chicago Press, pp. 113-122.
- Merton, R. K. (1996f[1945]), “Paradigm for the sociology of knowledge – the social context”, em R. Merton (1996) (editado por Piotr Sztompka), *On Social Structure and Science*, Chicago, The University of Chicago Press, pp.205-222.
- Merton, R. K. (1996g[1938]), “The rise of modern society”, em R. Merton (1996) (editado por Piotr Sztompka), *On Social Structure and Science*, Chicago, The University of Chicago Press, pp.223-240.
- Merton, R. K. (1979[1977]), *The Sociology of Science. An Episodic Memoir*, Carbondale and Edwardsville, Southern Illinois University Press.
- Merton, R. K. (1977), *Sociological Ambivalence and Other Essays*, Nova Iorque, Free Press.
- Merton, R. (1973), *The Sociology of Science. Theoretical and Empirical Investigations* (editado por Norman W. Storer), Chicago, University of Chicago Press.

- Merton, R. (1970a [1949, 1957, 1968], “Influência da pesquisa empírica sobre a teoria sociológica”, em R. Merton (1970), *Sociologia, Teoria e Estrutura*, São Paulo, Editora Mestre Jou.
- Merton, R. (1970b [1938], *Science, Technology and Society in the Seventeenth-Century England*, Nova Iorque, Harper and Row.
- Mestre, N., M. Macedo e J. Fonseca (2004), “Levantamento e análise de necessidades de professores de ciências”, *Revista de Educação*, n.º 2 (disponível em: http://revista.edu.fc.ul.pt/resumos/xii_2_2.pdf [consultado 15 Março 2006]).
- Michelat, G. (1975), “Sur l’utilisation de l’entretien non direct en sociologie”, *Revue Française de Sociologie*, XVI, pp. 229-247.
- Miedzianagora, G. e G. Jofer (1995), *Objectivo Extermínio*, Lisboa, Vega.
- Miguéns, M. (1999), “O trabalho prático e o ensino das investigações na educação básica”, em AAVV, *Ensino Experimental e Construção dos Saberes*, Conselho Nacional de Educação/Ministério da Educação, pp. 77-95.
- Miguéns, M. e R. M. Garrett, (1991), “Prácticas en la enseñanza de las ciencias”, *Ensenanza de las Ciencias*, 9(3) pp. 229-236.
- Miller, G. e R. Dingwall (orgs.) (1997), *Context and Method in Qualitative Research*, Londres, Sage.
- Miller, J. D. (1998), “The measurement of civic scientific literacy”, *Public Understanding of Science*, 7(3), pp. 203-223.
- Miller, J. D. (1993), “Theory and measurement in the public understanding of science: a rejoinder to Bauer and Schoon”, *Public Understanding of Science*, 2(3), pp. 235-243.
- Miller, J. D. (1992), “Toward a scientific understanding of the public understanding of science and technology”, *Public Understanding of Science*, 1(1), pp. 23-26.
- Miller, J. D. (1983), “Scientific literacy: a conceptual and empirical review”, *Daedalus*, 112(2), pp. 29-48.
- Miller, R. (1996), “Towards a science curriculum for public understanding”, *School Science Review*, n.º 77, pp. 23-32.
- Miller, R. e J. Osborne (1998), *Beyond 2000: Science education for the future*, Londres, King’s College, School of Education.
- Miller, J. D. e R. Pardo (2000), “Civic scientific literacy and attitude to science and technology: a comparative analysis of the European Union, the United States, Japan and Canada” em M. Dierkes e C. von Grote (eds.), *Between Understanding and trust. The public, science and technology*, Londres, Routledge, pp. 81-129.
- Ministério da Educação (2001), *Programa de Biologia ou Geologia do 10.º ou 11.º anos*, Lisboa (disponível em: file:///C:/Users/Eugenia/Downloads/biologia_geologia_10.pdf [consultado em 26/08/2014]).
- Ministério da Educação/Ministério da Segurança Social e do Trabalho (2004a), *Eu não Desisto – Plano Nacional de Prevenção do Abandono Escolar*, Lisboa.
- Ministério da Educação (2004b [1990]), Programa de Estudo do Meio – 1.º Ciclo, 4ª edição, Lisboa (disponível em: [file:///C:/Users/Eugenia/Downloads/estudo_meio_prog_1cicloeb%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Eugenia/Downloads/estudo_meio_prog_1cicloeb%20(2).pdf) [consultado em 26/08/2014]) e <http://www.dgicd.min-edu.pt/ensinobasico/index.php?s=directorio&pid=21&ppid=3> [consultado em 26/08/2014]).
- Ministério da Educação (2004c), *Programa Curricular de Biologia do 12.º ano*, Lisboa (disponível em file:///C:/Users/Eugenia/Downloads/biologia_12.pdf [consultado em 26/08/2014]).
- Ministério da Educação (2014), disponível em: <http://www.min-edu.pt/> [consultada em 01/10/2014].
- Mintzes, J. et al. (2000[1999]), *Assessing Science Understanding: A Human Constructivist View*, Londres, Academic Press.
- MIT Media Lab (2007) “Seymour Papert”, disponível em: <http://web.media.mit.edu/~papert/> [consultada em 01/10/2014].

- Montadon, C. e P. Perrenoud (2001 [1987]), *Entre Pais e Professores, um Diálogo Impossível? Para Uma Análise Sociológica das Interações Entre a Família e a Escola*, Oeiras, Celta Editora.
- Moreira, C. D. (1994), *Planeamento e Estratégias de Investigação Social*, Lisboa, ISCSP.
- Moreira, V. (2003), “A importância política da ciência nas democracias contemporâneas”, em R. Fausto, C. Fiolhais e J. F. Queiró (2003), *Fronteiras da Ciência*, Lisboa, Gradiva, pp.281-287.
- Moreira, C. A. P. (2004), *Ciência – tecnologia – sociedade: implicações para o processo ensino/aprendizagem decorrentes da planificação, comunicação e avaliação em projecto CTS, com alunos do 3.º e 4.º ano e professores do 1.º CEB*, Vol. 1, Dissertação de Mestrado, Braga, Instituto de Educação e Psicologia da Universidade do Minho. (disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/2765/1/CTS%20-%20Implica%C3%A7%C3%B5es%20para%20o%20processo%20E%20A%20decorrentes%20da%20plani%20E%80%A6.pdf> [consultado em 29/08/2014]).
- Morgan, G. (1989), *Images de l'Organisation*, Quebeque, Le Presses de l'Université du Québec.
- Morin, E. (1982), *Ciência com Consciência*, Lisboa, Publicações Europa-América.
- Morin, E. (2002[1999]), *Os Sete Saberes para a Educação do Futuro*, Lisboa, Instituto Piaget.
- Moura, M. O. (2001), “A actividade de ensino como acção formadora”, em A.D. Castro e A. M. P. de Carvalho (orgs.), *Ensinar a Ensinar: Didáctica para a escola fundamental e média*, São Paulo, Pioneira Thomson Learning, pp. 143-162.
- National Center for Biotechnology Information (NCBI) (2014), disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov> [consultada em 01/10/2014].
- National Institute of Allergy and Infectious Diseases (NIAID) (2014), disponível em: <http://www.niaid.nih.gov/Pages/default.aspx> [consultada em 01/10/2014].
- National Research Council (2003), *Evaluating and Improving Undergraduate Teaching in Science, Technology, Engineering and Mathematics*, Washington, D. C., The National Academies Press.
- National Research Council (1996), *National Science Education Standards*, Washington D.C., The National Academies Press.
- Neves, M. do C. P. (1996), “A bioética na articulação do saber, do agir e do poder”, em M. E. Gonçalves (org.), *Ciência e Democracia*, Lisboa, Bertrand, pp.141-157.
- Norris, S. P. e L. M. Philips (2002), “How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy”, *Science Education*, n. 87, pp. 224-240.
- North, D. C. (1998 [1990]), *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Nunes, J. A. (1996), “A política do trabalho científico: articulação local, conversão reguladora e acção à distância”, em M. E. Gonçalves (org.) (1996), *Ciência e Democracia*, Venda Nova, Bertrand, pp.251-276.
- Nunes, J. A. e M. Matias (2003), “Controvérsia científica e conflitos ambientais em Portugal: o caso da co-incineração de resíduos industriais perigosos”, *Revista Crítica de Ciências Sociais*, n.º 65, pp. 129-150.
- Nunes, J. A. e M. E. Gonçalves (orgs.) (2001), *Enteados de Galileu? A Semiperiferia no Sistema Mundial de Ciência*, Porto, Afrontamento.
- Nutbeam, D. (2008), “The evolving concept of health literacy”, *Social Science and Medicine*, n.º 67, pp. 2072-2078.
- Observatório das Actividades Culturais (2013), disponível em: <http://www.oac.pt/menuobservatorio.htm> [consultada em 01/10/2014].
- Observatório das Ciências e das Tecnologias (2002), *Ciência e Tecnologia – principais indicadores estatísticos*, Lisboa, OCT.
- OCDE (2003a), *Education at a Glance. OCDE Indicators* (disponível em: <http://www.oecd.org/site/worldforum/33703760.pdf> [consultado em 18/09/2014]).
- OCDE (2003b), *The PISA 2003 Assessment Framework – Mathematics, Reading, Science and problem Solving Knowledge and Skills*, OCDE (disponível em:

- <http://www.oecd.org/edu/school/programmeforinternationalstudentassessmentpisa/33694881.pdf> [consultado em 22 de Agosto de 2014]).
- OCDE (2007), *Assessing Scientific Reading and Mathematical Literacy: a framework for PISA 2006* em http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/education/assessing-scientific-reading-and-mathematical-literacy_9789264026407-en#page4 [consultado em 22 de Agosto de 2014].
- OCDE (2011), *Education at a Glance. OECD indicators* (disponível em: <http://www.oecd.org/education/skills-beyond-school/48631582.pdf> [consultado em 18/09/2014]).
- OCDE (2013), *Education at a Glance. OECD indicators* (disponível em: [http://www.oecd.org/edu/eag2013%20\(eng\)--FINAL%2020%20June%202013.pdf](http://www.oecd.org/edu/eag2013%20(eng)--FINAL%2020%20June%202013.pdf) [consultado em 18/09/2014]).
- OCDE Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (2014), disponível em: <http://www.oecd.org/> [consultada em 01/10/2014].
- OECD Programme for International Student Assessment (PISA) (s/d), disponível em: <http://www.oecd.org/pisa/> [consultada em 01/10/2014].
- Oliveira, L. (2000), “Desafios à universidade: comercialização da ciência e recomposição dos saberes académicos”, *Sociologia, Problemas e Práticas*, n.º34.
- Oliveira, M. L. e M. M. Porto (1992), *A Aprendizagem e os Jovens*, Lisboa, IIEFP.
- Olympus (s/d), “A história dos endoscópios” (disponível em: http://www.olympuslatinoamerica.com/portuguese/ola_aboutolympus_endo_port.asp [consultada em 05/08/2014]).
- OMS – Organização Mundial de Saúde (2014), disponível em: <http://www.who.int/en/>[consultada em 01/08/2014].
- Osborne, J. (1993), “Alternatives to practical work”, *School Science Review*, 75, 271, pp.117-123.
- Osborne, J. (1996), “Beyond constructivism”, *Science Education*, n.º 80(1), pp. 53-82.
- Osborne, J., S. Simon e S. Collins (2003), “Attitude towards science: a review of the literature and its implications”, *International Journal of Science Education*, n.º 25 (9), pp. 1049-1079.
- Pais, J. M. (2002), *Sociologia da Vida Quotidiana*, Lisboa, Imprensa de Ciências Sociais.
- Palmer, S. and P. Corbett (2003), *Literacy: what works? The golden rules of primary literacy... and how you can use them in your classroom*, Londres, Nelson Thornes.
- Pappert, S. (1991), “Situating constructivism”, em I. Harel e S. Pappert (eds.), *Constructivism*, NJ, Ablex Publ. Corp. Norwood.
- Pappert, S. (1997), *A Família em Rede*, Lisboa, Relógio d’Água Editores.
- Papert S. (s/d), disponível em: <http://www.papert.org/> [consultada em 01/10/2014].
- Parker, J. (2000), *Structuration*, Buckingham, Open University Press.
- Parker, J. et al. (2003), *Social Theory. A Basic Tool Kit*, Houndmills (Basingstoke, Hampshire), Palgrave MacMillan.
- PARSEL – Popularity and Relevance of Science Education for Science Literacy (s/d), disponível em: <http://www.parsel.uni-kiel.de/cms/> [consultada em 01/10/2014].
- Parsons, T. (1951), “Social structure and dynamic process: the case of medical practice”, em T. Parsons (1951), *The Social System*, Nova Iorque, The Free Press, pp. 428-479.
- Parsons, T. (1945), “The present position and prospects of systematic theory in sociology”, em T. Parsons (1954), *Essays in Sociological Theory*, Nova Iorque, New York Free Press.
- Pasteur, L. (1946), *Correspondance 1840-1895*, Paris, Grasset (editado por Louis Pasteur Vallery-Radot).
- Patrício, M. T. e A. Stoleroff (1996), “A organização interna da produção científica: gestão e participação nas equipas estruturadas em torno de projectos”, em M. E. Gonçalves (org.), *Ciência e Democracia*, Venda Nova, Bertrand, pp. 223-249.
- Pavilhão do Conhecimento (2014), disponível em: <http://www.pavconhecimento.pt/home/> [consultada em 01/10/2014].
- Pedrosa, M. A. e L. Leite (2004) “Educação Científica, Exercício da Cidadania e Gestão Sustentável de Resíduos Domésticos – Fundamentos de um Questionário” (disponível

- em:<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4127/1/Educa%C3%A7%C3%A3o+Cient%C3%ADfica....+Actas+do+XVII+Congreso+de+Enciga.pdf> [consultado 16 Março 2006]).
- Peirano, M. (1995), *A favor da Etnografia*, Rio de Janeiro, Relume-Dumará.
- Pella, M.O., G.T. O’Hearn e C.G. Gale (1966), “Referents to scientific literacy”, *Journal of Research in Science Teaching*, n.º 4, pp.199-208.
- Pereira, J. e J. Pimentel (2009), “O blogue em contexto escolar”, em F. Azevedo e M. G. Sardinha (coords.), *Modelos e Práticas em Literacia*, Lisboa, Lidel, pp. 169-177.
- Pereira, D. C. (2007), *Nova Educação na Nova Ciência para a Nova Sociedade. Fundamentos de uma pedagogia científica contemporânea*, Volume 1. Porto. Editora da Universidade do Porto.
- Pereira, M. do M. (2012), *Fazendo Género no Recreio. A negociação de género em espaço escolar*, Lisboa, ICS.
- Pereira, S. (2004) “O poder das redes ou as redes de poder: análise estratégica numa organização com intranet”, *Sociologia – Problemas e Práticas*, n. º45, pp. 99-115.
- Perrenoud, P. (1995), *Ofício de Aluno e Sentido do Trabalho Escolar*, Porto, Porto Editora.
- Perrenoud, P. (2001), *Porquê Construir Competências a Partir da Escola? Desenvolvimento da autonomia e luta contra as desigualdades*, Porto, Edições Asa.
- Piaget, J. (1999 [1976]), *Pedagogia*, Lisboa, Instituto Piaget.
- Piaget, J. (1973), *To Understand is to Invent. The future of education*, Nova Iorque, Grossman.
- Pinto, J. M. (1994), *Propostas para o Ensino das Ciências Sociais*, Porto, Afrontamento.
- Pinto, J. M. (1997 [1994]), *Propostas para o Ensino das Ciências Sociais*, Porto, Edições Afrontamento.
- Pinto, J. M. (2001), “Ciências e progresso: convicções de um sociólogo”, *Cadernos de Ciências Sociais*, 21-22, pp. 33-69
- Pires, A. (1997), “Échantillonnage et recherche qualitative: essai théorique et méthodologique”, em J. Poupart et al., *La Recherche Qualitative, Enjeux Épistémologiques et Méthodologiques*, Ottawa, Gaetan Morin, pp.113-169 (também disponível em: http://classiques.uqac.ca/contemporains/pires_alvaro/echantillonnage_recherche_qualitative/echantillon_recherche_qual.pdf [consultado em 18/09/2014]).
- Pires, D., A. M. Morais e I. P. Neves (2004), “Desenvolvimento científico nos primeiros anos de escolaridade: estudo de características sociológicas específicas da prática pedagógica”, *Revista de Educação*, n.º 2, (disponível em: http://essa.ie.ulisboa.pt/ficheiros/artigos/revistas_com_revisao_cientifica/2004_desenvolvimento_cientificonosprimeiros.pdf [consultado em 18/09/2014]).
- Pires, E. L. (2000), *Nos Meandros do Labirinto Escolar*, Oeiras, Celta Editora.
- Pires, R. P. (2003), *Migrações e Integração*, Oeiras, Celta Editora, pp. 18-36.
- Platão (2009 [388 a.C., data estimada]), *Fredo(ou da beleza)*, Lisboa, Edições 70.
- Pittsburgh Council on Public Education (2014), disponível em: <http://www.graduationprojecthelp.org/pcpe> [consultada em 01/10/2014].
- Poliakov, L. (1987), *Le Myte Aryen : Essai sur les sources du racisme et des nationalismes*, Bruxelas, Éditions Complexe.
- Popli, R. (1999), “Scientific literacy for all citizens: Different concepts and contents”, *Public Understanding of Science*, 8, pp. 123-137.
- Popper, K. (1959[1935]), *The Logic of Scientific Discovery*, Nova Iorque, Basic Books.
- Porlán, A.R. (1998), “Pasado, Presente y Futuro de la Didáctica de las Ciencias”, *Enseñanza de las Ciencias*, n.º16 (1), pp. 175-185.
- Pozo, J. I. (1996), “La psicología cognitiva y la education científica”, *Investigação em Ensino de Ciências*, Volume 1(2), pp. 110-131.
- Presidência Portuguesa da União Europeia (2000), *European science beyond 2000 – employment, economic reforms and social cohesion towards a Europe based on innovation and knowledge*, Comunicações na Conferência “European Science Beyond 2000”, Lisboa, 7 de Março, Ministério da Ciência e da Tecnologia.
- Prewitt, K. (1983), “Scientific illiteracy and democratic theory”, *Daedalus*, n. º112, pp. 49-64.

- Prost, A. *et al.* (2001), *Espaços de Formação. Tempos de Formação*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.
- Quintana, E. (2009), “ ‘Eu acho que a escola não tem mais como não ver’: gravidez na adolescência e escola”, *Revista Fórum Identidades*, Ano 3, vol.5, Jan-Jun, pp. 61-80 (disponível em http://200.17.141.110/periodicos/revista_forum_identidades/revistas/ARQ_FORUM_IN_D_5/SESSAO_L_FORUM5_01.pdf [consultado em 18/09/2014]).
- Quivy, R e L.V. Campenhoudt (1992), *Manual de Investigação em Ciências Sociais*, Lisboa, Gradiva.
- Ragin, C. C. and H. S. Becker (orgs.) (1994), *What is a Case? Exploring the Foundations of Social Inquiry*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Ramiro, E., M. Diniz e M. Heitor, (2004), “Observações: factos e feitos em 10 projectos escolares” em M. Heitor (org.), *Pensar e Fazer Engenharia com os Mais Novos: um ensaio sobre cultura tecnológica para pais e educadores*, Lisboa, D. Quixote, pp. 64-107.
- Ramiro, E. (2005), “Cultura científica e ensino experimental das ciências” em Ferrão, P.; P. Conceição e R. Baptista (coords.), *Preparar Portugal para um Novo Ciclo de Fundos Estruturais 2007 – 2013. Inovação, Empreendedorismo e Desenvolvimento: O que podemos aprender da investigação para a formação e políticas públicas nas áreas da ciência, inovação e crescimento económico e desenvolvimento sustentável. Um estudo a apresentar ao Observatório do QCA III*, Lisboa, IN+/IST/UTL.
- Reis, M. de F. (1995), *Educação Tecnológica: a montanha pariu um rato*, Porto, Porto Editora.
- Rémond, R. (1994), *Introdução à História do Nosso Tempo. Do Antigo Regime aos nossos dias*, Lisboa, Gradiva.
- Revista Visão, “Cancro está a deixar de ser ‘incurável’ para passar a ser “doença crónica” (disponível em: <http://visao.sapo.pt/cancro-esta-a-deixar-de-ser-incuravel-para-passar-a-doenca-cronica=f774425> [consultado em 31/08/2014]).
- Ridderstråle, J. e K. Nordström (2000), *Funky Business: Talent makes capital dance*, Edimburgo, Pearson Education Limited.
- Roberts, D. A. (1983), *Towards a Balance for Setting Goals for School Science Programms*, Ottawa, Minister of Supply and Services, Science Council of Canada.
- Rocha, Manuel (1962), *A Reforma do Ensino da Engenharia – A educação permanente. A investigação em Portugal*, Lisboa, LNEC.
- Rodrigues, D. (2008), “Questões preliminares sobre o desenvolvimento de políticas de Educação Inclusiva”, *Inclusão – Revista de Educação Especial*, 4(1), pp. 33-40.
- Rodrigues, D. (2011) (org.), *Educação Inclusiva. Dos conceitos às práticas de formação*, Lisboa, Instituto Piaget.
- Rodrigues D. e L. Lima-Rodrigues (2011), “Formação de professores e inclusão: como se reformam os reformadores?”, em D. Rodrigues (org.), *Educação Inclusiva. Dos conceitos às práticas de formação*, Lisboa, Instituto Piaget, pp. 89-108.
- Rodrigues, J. N. e V. Azevedo (coords.) (2006), *Nuclear. O debate sobre o novo modelo energético em Portugal*, Vila Nova de Gaia, Centro Atlântico.
- Rodrigues, M. J. (2000) (coord.), *Para uma Europa da Inovação e do Conhecimento. Emprego, reformas económicas e coesão social*, Oeiras, Celta Editora.
- Rodrigues, M. J. (coord.) (2000), *Para Uma Europa da Inovação e do Conhecimento*, Oeiras, Celta Editora.
- Rodrigues, M.L., J. Duarte e A. P. Gravito (2000), “Os portugueses perante a ciência”, em M. E. Gonçalves (org.), *Cultura Científica e Participação Pública*, Oeiras, Celta Editora.
- Romer, P. (1990), “Endogenous technological growth”, *Journal of Political Economy*, n.º 98(5), pp. 71-102.
- Romer, P. (1986), “Increasing returns and economic growth”, *American Economic Review*, n.º 94, pp. 1002-1037.
- Rosa, M. C. (2002), “Prefácio”, em Grilo, M., *Desafios da Educação. Ideias para uma política educativa do século XXI*, Lisboa, Oficina do Livro, pp. 9-26.

- Rosenblum, R.S. and W.J. Spencer (eds.) (1996), *Engines of Innovation. U.S. industrial research at the end of an era*, Boston, Harvard Business School Press.
- S/A, (2014), “Todos pela Antártida”, *Ciência Hoje* (disponível em: <http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=59116&op=all> [consultado em 07/08/2014]).
- Sampaio, D. (2014), “As aulas”, *Jornal Publico*, 14 de Setembro (disponível em: <http://www.publico.pt/portugal/noticia/as-aulas-1669299> [consultado em 14/09/2014]).
- Sampaio, D. (2011), *Da Família, da Escola e umas Quantas Coisas Mais*, Lisboa, Editorial Caminho.
- Sampaio, J. (2000), “Engenharia e tecnologia para o futuro” em L. V. Tavares (2000), *A Engenharia e a Tecnologia ao Serviço do Desenvolvimento de Portugal: Prospectiva e estratégia*, Lisboa, Editorial Verbo.
- Sánchez, P. A.; R. M. Abellán ; A. E. Frutos (2011), “Educação inclusiva e formação de professores”, em D. Rodrigues (org.), *Educação Inclusiva. Dos conceitos às práticas de formação*, Lisboa, Instituto Piaget, pp. 125-147.
- Santos, B. de S. (2000), *A Crítica da Razão Indolente. Contra o Despedício da Experiência*, Porto, Afrontamento.
- Santos, B. de S. (1989), *Introdução a uma Ciência Pós-Moderna*, Porto, Afrontamento.
- Santos, B. de S. (1987), *Um Discurso sobre a Ciência*, Porto, Afrontamento.
- Santos, J. L., I. do Carmo, P. Graça e I. Ribeiro (coords.) (2013), *O Futuro da Alimentação: Ambiente, saúde e economia*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian (disponível em: http://www.gulbenkian.pt/mediaRep/gulbenkian/files/institucional/FTP_files/pdfs/PGD desenvolvimentoHumano/pgDH_FuturoAlimentacao_PT.pdf [consultado em 30/08/2014]).
- Saramago, S.S.S. (2001), “Metodologias de pesquisa empírica com crianças”, *Sociologia – Problemas e Práticas*, n. 35, pp. 9-29.
- Saramago, S.S.S. (1994), “As identidades da infância: núcleos e processos de construção de identidades infantis”, em *Sociologia, Problemas e Práticas*, n.º 16, pp. 151-171.
- Sardan, J-P O. de (1995), “La Politique du terrain. Sur la production des données en anthropologie”, em *Les Terrains de l'Enquête*, n.º 1, pp. 71-109.
- Sardinha, M. G. e A. Relvas (2009), “O Resumo: técnicas de ensino explícito”, em F. Azevedo e M. G. Sardinha (coords.), *Modelos e Práticas em Literacia*, Lisboa, Lidel, pp. 143-158.
- Schnotz W., S. Vosniadou e M. Carretero (eds.) (1999), *New Perspectives on Conceptual Change*, Oxford, Pergamon, Elsevier Science.
- Scott, J. (1995), *Sociological Theory. Contemporary Debates*, Cheltenham, Edward Elgar.
- Seabra, T. (1999), *Educação nas famílias: etnicidade e classes sociais*, Lisboa, Instituto de Inovação Educacional.
- Seabra, T. (1994), *Estratégias Familiares de Socialização das Crianças: etnicidade e classes sociais*, Lisboa, Tese de Mestrado em Sociologia, ISCTE.
- Sebastião, J. (1998), “Os dilemas da escolaridade. Universalização, diversidade e inovação”, em J. M. Viegas e A. F. Costa, *Portugal, Que Modernidade?*, Oeiras, Celta Editora, pp. 311-327.
- Sequeira, M. e M.C. Duarte (1991), “Students alternative frameworks and teaching strategies: a pilot study”, *European Journal of Teacher Education*, n.º 14(1), pp. 31-43.
- Sequeira, M. e L. Leite (1988), “A História da Ciência no Ensino – Aprendizagem das Ciências” em *Revista Portuguesa de Educação*, 1 (2), pp.29-40.
- Serrão, D. (2004), *O Genoma Humano na Perspectiva Internacional*, comunicação na Assembleia da República, em 2 de Março de 2004, disponível em: <http://www.danielserrao.com/gca/index.php?id=121> [consultada em 14/08/2014]).
- Shamos, M.H. (1995), *The Myth of Scientific Literacy*, New Brunswick, Rutgers University Press.
- Sharp, J. e J. Byrne (2004[2001]), *Primary Science: Audir and test. Assessing your knowledge and understanding*, Southernhay East, Learning Matters.
- Sharp, J. et al. (2004[2000]), *Primary Science: Teaching theory and practice*, Southernhay East, Learning Matters.

- Shortland, M. (ed.) (1987), *Science Literacy Papers*, Oxford, Department of for External Studies.
- Shuell, T. J. (1987), “Cognitive psychology and conceptual change: implications for teaching science”, *Science Education*, n.º 71(2), pp. 239-250.
- Shulman, L. S. (2001), “Paradigms and research programs in the study of teaching: A contemporary perspective”, in Richardson, V. (ed.), *Handbook of Research on Teaching*, Nova Iorque, AERA, pp. 3-36. (1996, 4ª edição).
- Shulman, L. S. (1987), “Knowledge and teaching: foundations of the new reform”, *Educational Review*, 57(1), pp. 1-22.
- Siguenza, A. F. e M. J. Saéz (1990), “Análisis de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de la Biología”, *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), pp. 223-230.
- Silva, A. S. e J. M. Pinto (orgs.) (1986), *Metodologia das Ciências Sociais*, Porto, Edições Afrontamento.
- Silva, C. G. (1999), *Escolhas Escolares, Heranças Sociais*, Oeiras, Celta Editora.
- Silva, P., A. M. Morais e I. P. Neves (2013), “Materiais curriculares, práticas e aprendizagens. Estudo no contexto das ciências do 1º Ciclo do Ensino Básico”, *Revista Práxis Educativa*, n.º 8(1), pp. 133-171.
- Silverstone, R. (1991), “Communicating science to the public”, *Science, Technology & Human Values*, Vol.16, n.º1, pp.106-110.
- Sim-Sim, I. (1993), *Como Lêem as Nossas Crianças? Caracterização do nível de literacia da população escolar portuguesa*, Lisboa, GEP/ME.
- Simões, L. e L. Faria (2001), “Características motivacionais e opções curriculares no Ensino Básico: Educação tecnológica vs. 2.ª língua estrangeira”, *Análise Psicológica*, 3(XIX), pp.417-433.
- Siraj-Blatchford J. and I. MacLeod-Brudenell (2003[1999]), *Supporting Science, Design and Technology in the Early Years*, Filadélfia, Open University Press
- Soares, M. (2003), “Educação, Ciência e Sociedade”, em R. Fausto, C. Fiolhais e J. F. Queiró (2003), *Fronteiras da Ciência*, Lisboa, Gradiva, pp. 271-280.
- Soares, M. (1992), “A ciência como cultura”, em AA.VV., *A Ciência como Cultura*, Lisboa, Imprensa Nacional – Casa da Moeda, pp. 9-13.
- Soete, L. (2000), “A economia baseada no conhecimento num mundo globalizado. Desafios e potencial”, em M. J. Rodrigues (2000) (coord.), *Para uma Europa da Inovação e do Conhecimento. Emprego, reformas económicas e coesão social*, Oeiras, Celta Editora, pp. 3-31.
- Solomon J. e G. Aikenhead (eds.) (1994), *STS Education – international perspectives on reform*, Nova Iorque, Teachers College Press.
- Solomon, J. e J. M. Gago (eds.) (1994), *Science in School and the Future of Scientific Culture in Europe*, Euroscientia Conferences, Lisboa, 14 e 15 de Dezembro.
- Solomon, J. et al. (1995), “Science education: a case for European action? A white paper on science education in Europe”, European Commission and Fundação Calouste Gulbenkian.
- Solomon, J. (1993), *Teaching Science, Technology and Society*, Buckingham, Open University Press.
- Sousa, C. (2000), *Gestão do Conhecimento*, Lisboa, RH Editora.
- Spradley, J. P. (1980), *Participant Observation*, Nova Iorque, Rinehart and Winston.
- Spradley, J. P. (1979), *The Ethnographic Interview*, Nova Iorque, Holt, Rinehart and Winston.
- Sturgis P. e N. Allum (2004), “Science in society: re-evaluating the deficit model of public attitudes”, em *Public Understanding of Science*, January, Vol.13, n.º.1, pp. 55-74.
- Stoer, S. R., L. Cortesão e J.A. Correia (orgs.) (2001) *Transnacionalização da Educação. Da crise da educação à “educação” da crise*, Porto, Edições Afrontamento.
- Tavares, L. V. (2000), *A Engenharia e a Tecnologia ao Serviço do Desenvolvimento de Portugal: Prospectiva e estratégia*, Lisboa, Editorial Verbo.
- Tenreiro-Vieira C. e R. M. Vieira (2013), “Literacia e pensamento crítico: um referencial para a educação em ciências e em matemática”, *Revista Brasileira de Educação*, v.18 n.º 52, pp. 163-242 (disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v18n52/10.pdf> [consultada em 30/08/2014]).

- Testa, A. (2000), *Farsi Capire. Comunicare con efficacia e creatività nel lavoro e nella vita*, Milano, Rizzoli.
- The Royal Institution (s/d), “Michael Faraday” (disponível em: <http://www.rigb.org/our-history/michael-faraday> [consultado em 16/08/2014]).
- The Royal Institution (s/d), “Our history” (disponível em: <http://www.rigb.org/our-history> [consultado em 16/08/2014]).
- Thomas, D. e J. S. Brown (2009), “Learning for a world of constant change: *Homo Sapiens, Homo Faber & Homo Ludens* revisited”, paper presented at the 7th Glion Colloquium by JSB, Glion, Junho de 2009.
- Thomas, G. e J. Durant (1987), “Why should we promote the public understanding of science”, in Shortland, M. (ed.), *Science Literacy Papers*, Oxford, Department of for External Studies, pp. 1-14.
- Thomson, J. A. (1911), *Introduction to Science*, Cambridge, The University Press (também disponível em: <https://archive.org/stream/introductiontosco00thomrich#page/10/mode/2up> [consultado em 11 de Agosto de 2014]).
- Torres, M. R. (2000), *Literacy For All: a United Nations literacy decade (2003-2012). Base document prepared for UNESCO*, Nova Iorque, UNESCO (disponível em: <http://pt.slideshare.net/RosaMariaTorres2015/base-document-united-nations-literacy-decade-20032012> [consultado em 18/09/2014]).
- Toulmin, S. (1972), *Human Understanding. The collective use and evolution of concepts*, Princeton, Princeton University Press.
- Trachtman, Leon (1981), “The public understanding of science effort: a critique”, *Science, Technology & Human Values*, Vol.6, nº36 Special Issue on Public Communication of Science and Techonology. (Summer), pp.10-15.
- Tuckman, B.W. (2005 [1994]), *Manual de Investigação em Educação. Como conceber e realizar o processo de investigação em Educação*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.
- Turner, T. e W. DiMarco (1998), *Learning to Teach Science in the Secondary School. A companion to school experience*, Londres, Routledge.
- UNESCO (2003), *Ciência para o Século XXI*, Brasília, UNESCO/Representação no Brasil. Documento baseado na “Conferência Mundial sobre Ciência”, Santo Domingo, 10-12 mar, 1999” e na “Declaração sobre Ciências e a Utilização do Conhecimento Científico”, Budapeste, 1999, UNESCO/ICSU (disponível em <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001315/131550por.pdf> [consultado em 30/08/2014]).
- UNESCO (2004), *United Nations Decade of Education for Sustainable Development 2005-2014*, Nova Iorque, UNESCO (versão brasileira disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001399/139937por.pdf> [consultada em 29/08/2014]).
- UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) (2014), disponível em: <http://en.unesco.org/> [consultada em 01/10/2014].
- União Europeia (2010), *Teachers’ Professional Development Europe in international comparison. An analysis of teachers’ professional development based on the OECD’s Teaching and Learning International Survey (TALIS)*, Luxemburgo, Publicações oficiais da União Europeia (disponível em: [http://www.dgeec.mec.pt/np4/105/%7B\\$clientServletPath%7D/?newsId=157&fileName=Teachers__Professional_Development.pdf](http://www.dgeec.mec.pt/np4/105/%7B$clientServletPath%7D/?newsId=157&fileName=Teachers__Professional_Development.pdf) [consultado em 27/09/2014]).
- U.S. Food and Drug Administration (2014), disponível em: <http://www.fda.gov/> [consultada em 01/10/2014].
- Van der Maren, J-M (1987), “Questions sur les règles à partir d’anaogies extrêmes: l’interpretation comme interface, traduction mise en scène et divination”, em *L’Interpretation des données dans la Reserche Qualitative*, Actas do Colóquio da Associação para a Investigação Qualitativa, Universidade de Montréal, pp. 45-57.

- Van der Sanden, M. C. A. e F. J. Meijman (2008), “Dialogue guide awareness and understanding of science: an essay on different goals leading to different science communication approaches”, *Public Understanding of Science*, 17, pp. 89-103.
- Vasconcelos, C., J. F. Praia e L. S. Almeida (2003), “Teorias de aprendizagem e o ensino/aprendizagem das ciências: da instrução à aprendizagem”, *Psicologia Escolar e Educacional*, vol.7, n.º 1, pp. 11-19 (disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pee/v7n1/v7n1a02.pdf> [consultado em 31/08/2014]).
- Varela, F. (1989), *Autonomie e Connaissance*, Paris, Seuil.
- Verger-Kuhnke, A. B.; M. A. Reuter e M. L. Beccaria (2007), “Biography of Phillip Bozzini (1773-1809) an idealist of the endoscopy”, *Actas Urol Esp.*, 31(5), pp. 437-44.
- Vernon, P.E. (1989), “The nature-nurture problem in creativity”, em J.A Glover, R. R. Ronning e C. R. Reynolds (eds.), *Handbook of creativity*, Nova Iorque, Plenum Press.
- Viegas, J. M. L. e E. C. Dias (orgs.) (2000), *Cidadania, Integração, Globalização*, Oeiras, Celta Editora.
- Viegas, J. M. L. e A. F. da Costa (orgs) (1998), *Portugal, que modernidade?*, Oeiras, Celta Editora.
- Vieira, C. T. (2000), *O Pensamento Crítico na Educação Científica*, Lisboa, Instituto Piaget.
- Vieira, R.M., C. Tenreiro-Vieira e I.P. Martins (2011), *A Educação em Ciências com Orientação CTS. Atividades para o ensino básico*, Porto, Areal Editores.
- Vincent, G., Lahire, B et D. Thin (1994), “Sur l’histoire et la théorie de la forme scolaire” em G. Vincent (dir.), *L’Éducation Prisonnière de la Forme Scolaire ? Scolarisation et socialisation dans les sociétés industrielles*, Lyon, Presses Universitaires de Lyon, pp.11-48.
- Vovelle, M. (1997), *O Homem do Iluminismo*, Lisboa, Editorial Presença.
- Walker, D. (2002), *Comenius: o criador da didáctica moderna*, eBooksBrasil (disponível em <http://www.ebooksbrasil.org/eLibris/comeniusdw.html> [consultado em 26/08/2014]).
- Weber, M. (2004), *Economia e Sociedade. Fundamentos da Sociologia Compreensiva*, Volume 2, São Paulo, Editora UnB (disponível em <http://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/weber-m-economia-e-sociedade-fundamentos-da-sociologia-compreensiva-volume-2.pdf> [consultado em 31 de Janeiro de 2013]).
- Weber, M. (1963), *Ensaio de Sociologia*, Rio de Janeiro, Zahar Editores.
- Weber, M. (1979), *Sobre a Teoria das Ciências Sociais*, Lisboa, Presença.
- Weber, M. (1983), *Fundamentos da Sociologia*, Porto, Rés Editora.
- Weber, M. (s/d) *Objectivity of Social Science and Social Policy*, em <http://jthomasniu.org/class/Stuff/PDF/weber-objectivity.pdf> [consultado em 31 de Janeiro de 2013].
- Welck, M.; P. Borg e H. Ellis (2010), “James Blundell MD Edin FRCP (1790-1877): pioneer of blood transfusion”, *J Med Biogr.*, 18(4), pp. 194-197.
- Wellington, J. (2000), *Teaching and Learning Secondary Science: Contemporary Issues and Practical Approaches*, Londres, Routledge.
- Wilson, A. (org.) (1998), *Manual de Comunicação em Ciência. Como transmitir num minuto ou numa página anos de trabalho e investigação*, Sintra, Editora Replicação.
- Wilson, E. O. (1999), *Consilience*, Nova Iorque, Vintage Books (disponível em: <http://wtf.tw/ref/wilson.pdf> [consultada em 1 de Agosto de 2014]).
- Wittorski, R. (1998), “De la fabrication des compétences”, em *Education Permanente*, n.º135/1998-2, pp.57-69.
- Woulough, B. e T. Alsop (1985), *Practical Work in Science*, Cambridge, CUP.
- Xavier, J. (2014), *Experiência Antártica. Relatos de um cientista polar português*, Lisboa, Gradiva.
- Yager, R.E. (1996), “History of Science/technology/society as reform in the United States”, em R.E. Yager (ed.), *Science/Technology/Society as Reform in Science Education*, Nova Iorque, Sunny Press, pp. 3-15.
- Zago, N. (2003) (org.), *Itinerários de Pesquisa: Perspectivas qualitativas em sociologia da educação*, Rio de Janeiro, DP&A.

- Ziman, J. M. (1999), “A ciência na sociedade moderna”, em F. Gil (coord.) (1999), *A Ciência Tal Qual Se Faz*, Lisboa, João Sá da Costa, pp. 437-450.
- Ziman, John (1991), “Public Understanding of science”, *Science, Technology & Human Values*, Vol.16, n. °1, pp. 99-105.
- Ziman, J. M. (1980), *Teaching and Learning About Science and Society*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Ziman, J.M. (2000), *Real Science: What it is and what it means*, Cambridge, Cambridge University Press.

ANEXOS

Anexo A - Descrição sumária de projectos escolares sobre ciência e tecnologia

Projecto 1 – “Os líquenes como bioindicadores da qualidade do ar da cidade de Lisboa”

Área: Ciências e Engenharia de Ambiente

Escola: Colégio Valsassina – Lisboa

Disciplina: Ciências da Terra e da Vida

Idade dos alunos: 15/16 anos

Alunos envolvidos: Turma (28 alunos)

Período de realização: Preparação: 29/05/2003 e 16/05/2003; trabalho de campo: 19 a 23 de Maio de 2003; tratamento dos dados: 26 a 30 de Maio de 2003; discussão e apresentação dos resultados: 3 a 12 de Junho de 2003.

Descrição do projecto:

O professor lança um desafio à turma: “*Querem elaborar um mini-projecto de investigação?*” Pretendia que alunos de 15/16 anos pudessem viver uma experiência de aprendizagem pela descoberta.

Sem identificar um tema predefinido, o professor lança uma discussão alargada à turma, tendo um dos alunos sugerido um estudo sobre a poluição que afecta a vida nas cidades. Era então necessário especificar como dar forma ao objectivo traçado. Os alunos começaram por definir como objecto de estudo a cidade onde moram – Lisboa. Posteriormente, identificaram a qualidade do ar como uma forma razoável de analisar a poluição da sua cidade. Mas era preciso ainda determinar a forma de proceder à avaliação dessa qualidade do ar...

Do professor veio então a indicação de que existem espécies bioindicadoras e, a partir daí, os alunos pesquisaram e adoptaram os líquenes, na sua qualidade de bioindicadores, como suporte da análise da qualidade do ar. Os líquenes são estudados na disciplina de *Técnicas Laboratoriais de Biologia*, sendo referido que são sensíveis à poluição, em particular ao dióxido de enxofre. Foi assim que a ideia ganhou forma e surgiu o projecto intitulado “Os líquenes como bioindicadores da qualidade de ar da cidade de Lisboa”.

Era chegado o momento de definir objectivos específicos e a calendarização do trabalho. Numa primeira fase, o projecto teria de basear-se numa pesquisa bibliográfica, de modo a obter os fundamentos teóricos necessários ao desenvolvimento do projecto. Além disso, seria com base nessa pesquisa que se definiria a metodologia a adoptar. Foi então realizada uma análise sobre líquenes e bioindicadores, recorrendo-se a diversas

fontes (livros, revistas científicas, enciclopédias, CD-ROM e internet), tendo toda a informação recolhida sido posteriormente organizada num portfólio temático.

Foram constituídos grupos de trabalho e foi definida a metodologia a adoptar, com a selecção de vários locais de recolha de amostras. Em cada local de estudo, pretendia-se que os alunos procedessem à identificação das espécies de líquenes presentes e a sua abundância relativa. Por outro lado, as observações teriam de se realizar por amostragem aleatória (por exemplo, na Avenida da Liberdade, foi escolhida uma árvore em cada quatro árvores).

Os locais da cidade de Lisboa a estudar foram escolhidos, por proposta dos alunos, com base sobretudo na sua área de residência³⁷⁵. Na preparação do projecto, foi também efectuada a preparação do trabalho de campo, com a organização do material necessário³⁷⁶ e o estudo da metodologia a utilizar.

No decorrer do trabalho de campo, os alunos munidos do equipamento necessário, tiraram fotografias dos vários locais seleccionados, procederam à recolha de amostras de líquenes, à inventariação das espécies de líquenes presentes em cada tronco de árvore e ao preenchimento de uma ficha de campo.

Após o trabalho de campo, era chegado o momento de proceder ao tratamento dos dados recolhidos. Já de regresso à escola, os alunos procederam à identificação das espécies recolhidas, à organização das fotografias, e à avaliação qualitativa da qualidade do ar de cada local utilizando uma escala (quantitativa) para medir o dióxido de enxofre³⁷⁷. Este processo incluiu a observação microscópica de líquenes.

Na fase seguinte, o grupo envolveu-se na discussão e apresentação dos resultados, elaborando-se um sítio na internet relativo ao projecto e divulgando-se os resultados a partir desse sítio. O projecto incluiu ainda a elaboração de um CD-ROM com imagens e documentos relativos ao projecto.

Projecto 2 – “Os líquenes como uma adaptação nutricional e como bioindicadores da qualidade do ar”

Área: Ciências e Engenharia do Ambiente

Escola: Escola Secundária Diogo Gouveia – Beja

³⁷⁵ Avenida da Igreja, Avenida da Liberdade, Avenida Álvares Cabral/Jardim da Estrela, Área Norte do Parque das Nações, Gulbenkian e Colégio Valsassina.

³⁷⁶ Espátulas/canivete; bússola; fita métrica; sacos de plástico; máquina fotográfica; caderno de apontamentos; lápis; ficha de identificação de líquenes; “ficha de campo”.

³⁷⁷ A escala foi adaptada a partir de uma tabela publicada na revista Fórum Ambiente.

Disciplina: Técnicas Laboratoriais de Biologia II

Idade dos alunos: 16/17 anos

Alunos envolvidos: quatro turmas

Período de realização: 3 semanas (9 horas de aulas/turma)

Descrição do projecto:

A ideia de estudar os líquenes como bioindicadores da qualidade do ar surgiu na sequência de uma visita de estudo de professores e alunos a Sevilha, durante a qual constataram que as árvores espanholas não apresentavam quaisquer líquenes, contrariamente ao que acontecia às árvores junto à sua escola. Os líquenes fazem parte do programa da disciplina de Técnicas Laboratoriais de Biologia e no seu estudo é referido que são sensíveis à poluição do ar, especialmente ao dióxido de enxofre. Então, o professor lançou o desafio de estudarem os líquenes nas árvores à volta da escola com o objectivo de analisar a qualidade do ar que respiram. Para o professor, esta foi uma “*oportunidade de reforçar a relação com os alunos, algo fundamental na profissão, quando se quer motivar alguém a ir mais além*”³⁷⁸. É neste contexto que o professor decidiu avançar com o projecto “Os líquenes como uma adaptação nutricional e como bioindicadores da qualidade do ar”.

O projecto exigia uma primeira actividade, dentro do laboratório, que permitisse conhecer os líquenes e compreender como estes podem ser usados como bioindicadores da qualidade do ar. Nesta fase, os alunos observaram líquenes tanto à vista desarmada, como com o auxílio de lupas binoculares, ou ainda através do microscópio³⁷⁹.

Na etapa seguinte – trabalho de campo –, procedeu-se à recolha sistemática de dados³⁸⁰. Para tal, cada turma, acompanhada do professor, distribuiu-se ao longo do perímetro exterior à escola, em pequenos grupos de 5 ou 6 elementos, devidamente apetrechados de equipamentos e vestuário³⁸¹ adequados. Após terem seleccionado as árvores que constituíam a amostra³⁸², fizeram a observação e registo de líquenes, preenchendo uma tabela de registo de observações.

³⁷⁸ Professor responsável pelo projecto.

³⁷⁹ Do material utilizado constam: lupa binocular, microscópio, lâminas e lamelas, material de dissecação (bisturi, pinça e agulha), lâmina de barbear, pincel, vidro de relógio, papel de filtro, papel de limpeza, água, solução de Ringer, óleo de imersão, xilol e líquenes de diferentes tipos morfológicos.

³⁸⁰ Identificação e contagem de tipos morfológicos de líquenes em áreas previamente estabelecidas.

³⁸¹ Os alunos vestiram batas brancas e utilizaram os seguintes equipamentos: bússola, fio de algodão, lupa, fita métrica, grelha com acetato de cem pontos (pequenos círculos), máquina fotográfica digital, caderno, lápis e borracha.

³⁸² Criada a partir de conceitos estatísticos de amostragem aleatória.

De volta ao laboratório, num terceiro momento, foi feita a análise e síntese dos dados recolhidos, com o recurso à folha de cálculo de um sistema informático, tendo o projecto sido concluído com uma reflexão conjunta dos factos apurados através da interpretação dos dados.

Projecto 3 – “Crescer com as árvores – Plantas aromáticas”

Área: Ciências e Engenharia do Ambiente

Escola: Escola Secundária Alberto Sampaio – Braga

Disciplina: Técnicas Laboratoriais de Biologia Bloco III (Unidade do Programa seleccionada: Dinâmica dos ecossistemas)

Idade dos alunos: 17/18 anos

Alunos envolvidos: duas turmas (aproximadamente 50 alunos)

Período de realização: ano lectivo de 2002/2003

Descrição do projecto:

“Crescer com as Árvores” consiste num projecto que a escola tem vindo a desenvolver na área da educação ambiental³⁸³. O projecto implicou a intervenção de um conjunto de professores e alunos de diferentes áreas disciplinares num espaço específico da área verde da escola, que passou a constituir um “Jardim Botânico”. No sentido de garantir a qualidade do projecto, a escola associou-se a outros parceiros³⁸⁴ que colaboraram na definição e características da área a intervir. Pretendeu-se desta forma garantir um acompanhamento eficaz da plantação, cultivo e manutenção da área intervencionada.

O grupo responsável pelo projecto garante a plantação, cultivo e manutenção da área, edita folhetos informativos, classifica e identifica as espécies, organiza viagens de prospecção e encontros e todo um rol de acções e iniciativas que promovam a educação ambiental. Posteriormente, resolveram alargar a sua atenção para as plantas aromáticas.

Esta nova vertente do projecto, denominada “Crescer com as árvores – Plantas Aromáticas”, teve início em Outubro de 2001, em colaboração com a Fundação Serralves, com uma visita às instalações da fundação, no final da qual foram oferecidas à escola alguns exemplares de plantas aromáticas. Durante esse ano lectivo, os alunos dedicaram-se à germinação de sementes no Laboratório de Biologia e à propagação

³⁸³ Motivados pela celebração do 25º aniversário da escola, os professores do grupo de Biologia tiveram a iniciativa de lançar este projecto. Inicialmente, o objectivo era a plantação de 25 árvores na área exterior da escola, objectivo esse que veio a alargar-se à plantação de 25 espécies de árvores, com a plantação de mais de um exemplar de cada espécie.

³⁸⁴ Parque Nacional da Peneda-Gerês (PNPG), Núcleo de Investigação Botânica do Mosteiro de Tibães, Câmara Municipal de Braga e Direcção Regional de Agricultura de Entre Douro e Minho.

vegetativa por meio de estaca de algumas plantas aromáticas. Teve também início a informatização dos dados relativos às diferentes espécies. Realizou-se uma segunda visita de estudo ao Parque Nacional da Peneda-Gerês, no qual participaram professores de outras áreas disciplinares, igualmente envolvidos no projecto, dando-lhe dessa forma um carácter multidisciplinar. O projecto foi posteriormente integrado no programa da disciplina de Técnicas Laboratoriais de Biologia – III, e é dessa fase que damos conta.

Ao longo do 1º período foram feitas algumas plantações, germinação de sementes no Laboratório de Biologia, propagação vegetativa por meio de estaca e secagem de algumas plantas aromáticas, após a sua poda. No início do 2º período, foram distribuídos pelos vários grupos de alunos os nomes científicos de catorze espécies para que em casa recolhessem toda a informação necessária para a elaboração de mais folhetos informativos. No final do 2º período, fez-se a divulgação do projecto a toda a comunidade educativa, tendo os alunos envolvidos participado em actividades do tipo “aula aberta”. Paralelamente às actividades que decorreram no Laboratório de Biologia, um dos grupos de alunos organizou uma pequena “loja” de produtos³⁸⁵. O 3º período foi reservado ao projecto. Executaram-se diversas placas identificativas, em acrílico, nas quais constam o nome vulgar, o nome científico e a família a que pertence cada uma das espécies vegetais. Foram elaborados dois folhetos informativos, baseados na informação recolhida e tratada ao longo do 2º período³⁸⁶. Deu-se também continuidade ao trabalho de informatização de dados relativos às espécies vegetais e à manutenção do jardim.

Projecto 4 – “Estudo ecológico do ar e da água em Lisboa e Sónia”

Área: Ciências e Engenharia do Ambiente

Escolas: Escola Secundária Professor Herculano de Carvalho (Lisboa) e Escola Profissional de Produção Química e Biotecnologias Professor Dr. Assen Zlatarov (Sónia)

Disciplinas: Física, Química

Idade dos alunos: Lisboa – 15/16 anos; Sónia – 16/17 anos

Alunos envolvidos: Lisboa – turma 10º ano da área científico-naturais; Sónia – turma 11º ano da área Química Tecnológica

³⁸⁵ A escola já tinha conseguido garantir excedentes de produção e fez uma venda aos participantes na “aula aberta” e produção de pão e bolos com as ervas aromáticas do jardim.

³⁸⁶ Em alguns casos, dada a escassez de informação disponível, recorreu-se à ajuda do PNPG.

Período de realização: Ano lectivo 2002/2003

Observações: Apoio do Projecto Sócrates-Comenius e Ciência Viva

Descrição do projecto:

O projecto intitulado “Estudo ecológico do ar e da água em Lisboa e Sófia”, consistiu na investigação da qualidade do ar e da água nas zonas envolventes das escolas participantes, com a finalidade de promover a compreensão dos alunos relativamente à qualidade do ambiente. Com este projecto, visava-se igualmente a promoção do intercâmbio cultural e o desenvolvimento de conhecimentos linguísticos³⁸⁷ que permitissem aos alunos comunicar através da internet. A troca de conhecimentos envolvidos nos currículos escolares do ensino secundário nos dois países parceiros era igualmente uma das metas pretendidas.

Mas o objectivo central do projecto era reforçar o ensino experimental de Física e Química utilizando um conjunto variado de sensores e meios informáticos. Especificamente, pretendia-se examinar a cartografia e determinar as fontes de água da região, identificar indústrias poluentes que fossem fonte de contaminação da água e do ar, realizar práticas laboratoriais fora e dentro da escola, para determinação de índices qualitativos e quantitativos dos parâmetros de água e do ar³⁸⁸, e efectuar visitas de estudo a uma Estação de Tratamento de Águas Residuais, a uma estação de resíduos sólidos e a um núcleo museológico.

Para atingir estes objectivos, o projecto envolveu intercâmbio de resultados experimentais via correio electrónico, fax e correio, a visita de alunos portugueses à Bulgária, acompanhados do professor e da auxiliar de laboratório (durante a qual os intervenientes visitaram a escola parceira e museus, entidades e instituições para o estudo da água e do ar) e a visita a Portugal de alunos e professores da escola búlgara. O trabalho incluiu o desenvolvimento de capacidades de experimentação, análise, tratamento e transmissão de dados num contexto real de monitorização da qualidade da água na região onde a escola se insere (Rio Tejo), mas também da experimentação de contactos técnicos a nível internacional e, naturalmente da abertura a novas culturas. Teve igualmente repercussões a nível do desenvolvimento de novas formas de ensinar e

³⁸⁷ Recorrendo-se ao Inglês como língua de comunicação.

³⁸⁸ As actividades experimentais foram realizadas com equipamento científico adquirido ao abrigo do Programa Ciência Viva, nomeadamente sensores, interfaces e computadores, assim como *kits* para a análise da qualidade das águas.

permitiu dar continuidade aos esforços de abertura e divulgação da Escola junto de outras instituições da região³⁸⁹.

A divulgação dos resultados obtidos incluiu a publicação um Livro Branco (preenchido pelas duas escolas participantes e pelas entidades parceiras e associadas³⁹⁰), bem como de relatórios realizados pelos alunos referentes às actividades experimentais e que se integram nos currículos escolares³⁹¹. Realizou-se também uma exposição de desenhos, fotografias, cartazes e um portefólio temático bilingue. A divulgação do projecto foi feita pelos alunos na sua escola e noutras escolas que visitaram no decurso do trabalho, numa das entidades parceiras³⁹², e ainda através da internet.

Segundo as professoras responsáveis, *é flagrante o desenvolvimento de uma consciência ambiental por parte dos alunos envolvidos no projecto, como se pode testemunhar nos trabalhos finais apresentados na compilação do Livro Branco. (...) ...os alunos búlgaros ficaram muito entusiasmados com a separação ecológica dos lixos domésticos – que ainda não é conhecida nem realizada na Bulgária –, assim como com as estratégias de Reduzir, Reutilizar, Reciclar.*³⁹³

De facto, a possibilidade de estudar um problema concreto – a qualidade do ar e da água nas zonas envolventes das escolas participantes - associado à novidade que consistia para os alunos o intercâmbio com uma escola de outro país, constituiu um estímulo e motivação acrescidos, com repercussões na qualidade final do trabalho.

Apesar dos obstáculos relacionados com o domínio dos equipamentos de pesquisa ou com barreiras de linguagem, ao longo do tempo foi possível avançar para uma utilização crítica das tecnologias devido a uma aprendizagem focada na resolução de problemas e na experimentação. A título de exemplo, refira-se o trabalho desenvolvido pelos alunos portugueses na Bulgária, que confrontados com metodologias de trabalho desenvolvidas por colegas de um nível de escolaridade mais avançado e com recurso a equipamentos diversos, demonstraram capacidade de adaptação e de resolução de problemas surgidos num contexto diferente do da sua escola e do seu país.

³⁸⁹ Para além das duas escolas envolvidas, o projecto contou igualmente com a colaboração de diversas entidades (escolas, universidades, juntas de freguesia, entre outras).

³⁹⁰ GEOTA e Parque Expo.

³⁹¹ Disponíveis na Escola Secundária Professor Herculano de Carvalho, no Gabinete do Grupo 4ºA.

³⁹² Parque Expo, Lisboa

³⁹³ Em documentação fornecida pelas professoras responsáveis pelo projecto.

Projecto 5 – “Xadrez 2003”

Área: Tecnologias de Informação e Engenharia Informática

Escola: Escola Secundária Alberto Sampaio – Braga

Disciplina: Técnicas e Linguagens de Programação

Idade dos Alunos: 16/17 anos

Alunos envolvidos: três

Período de realização: dois meses

Descrição do projecto:

“Vamos construir um jogo?” Este desafio surge de um professor para quem os jogos constituem “... *formas simpáticas e atractivas de motivar os alunos, mais ainda numa actividade por demais fastidiosa e desgastante como é a programação em informática.*”³⁹⁴ É este o desafio que um grupo de três alunos de 16/17 anos resolve aceitar, tendo a sua escolha recaído sobre o jogo de xadrez.

O enfoque do contexto disciplinar em questão está no ensino da linguagem de programação “C”, procurando desenvolver as capacidades de programação estruturada e modular. Pela sua natureza pragmática e pelo grau de exigência que envolve, o programa curricular alerta para a necessidade de uma vertente da avaliação associada a trabalhos laboratoriais, como aquele aqui descrito.

O desenvolvimento do projecto implicava que os alunos dominassem um conjunto mínimo de conceitos, os quais foram transmitidos pelo professor de forma expositiva, mas sempre suportados por exemplos práticos de dimensões diminutas, embora de conteúdo rico e esclarecedor., de forma a facilitar a compreensão clara dos conceitos.

O “Xadrez 2003” começou a desenvolver-se durante o segundo período, dotando-o de funcionalidades que possibilitassem a gravação/retoma de jogos e a inclusão de alguma capacidade de auto-aprendizagem por parte do computador. Na primeira fase do projecto, visava-se o desenvolvimento de uma aplicação capaz de suportar, validando, o jogo de dois antagonistas humanos. A diversidade das regras de xadrez e a complexidade intrínseca das diversas situações de jogo, só por si, dificultavam a concretização deste objectivo. Conscientes das dificuldades a enfrentar, os alunos não desistiram e, com uma tenacidade invulgar, conseguiram desenvolver um programa consentâneo com as normas de xadrez vigentes. Num segundo momento, o

³⁹⁴ Professor responsável pelo projecto.

desenvolvimento do projecto visava integrar conteúdos leccionados apenas no final do ano – os ficheiros. A inclusão de ficheiros no âmbito deste projecto, permitiu os seguintes aspectos: salvaguardar e retomar jogos, dotar o programa de auto-aprendizagem e, como consequência, possibilitar a oposição de um adversário humano contra o próprio programa.

Os objectivos do projecto foram parcialmente atingidos, tendo ficado a capacidade de auto-aprendizagem limitada, dado basear-se num algoritmo algo ingénuo, que não oferece garantias reais de aprendizagem, mas que melhora significativamente a capacidade de jogo, por parte do programa, relativamente à alternativa de movimento aleatório de peças.

O resultado final do projecto deriva em grande medida do empenho e dedicação dos seus criadores. Mas também da relação criada entre professor e alunos, expressa na forma elogiosa com que o professor se refere aos seus alunos e orgulhosa face ao produto final do trabalho. Para os alunos foi estimulante aceitar o desafio de explorar os conteúdos programáticos de forma a resolver obstáculos, mas sobretudo a construção de um novo jogo!

Projecto 6 – “Redesign do ANIMATROPE”

Área: Tecnologias de Informação e Engenharia Informática

Escola: Escola Básica 2,3 Dr. João de Barros – Figueira da Foz

Disciplinas: Educação Visual e Tecnológica e Educação Visual

Idade dos alunos: 10/11 anos

Alunos envolvidos: cinco alunos

Observações: Apoio do Instituto de Inovação Organizacional/Ministério da Educação

Descrição do projecto:

O ANIMATROPE – Máquina Virtual de Animação, é um *software* didáctico concebido para apoiar crianças do ensino básico na aprendizagem e no processamento de imagens em movimento. Trata-se de uma solução multimédia que visa viabilizar a abordagem da animação de imagens em contextos educativos através do uso de tecnologias informáticas. Com esta aplicação os alunos podem experimentar a linguagem da imagem em movimento, descobrindo os seus princípios básicos à medida que constroem conteúdos multimédia através de um ambiente de aprendizagem interactivo.

O *software* é composto por sete módulos funcionais que permitem a realização de diversas abordagens e actividades que vão desde os jogos ópticos, feitos em papel,

até aos projectos multimédia, através dos quais os alunos podem contar histórias com imagens em movimento, sons e texto em suporte digital.

O ANIMATROPE foi apresentado publicamente em Novembro de 2002³⁹⁵, tendo iniciado a partir desse momento a sua jornada por escolas nacionais através de uma edição de 1000 exemplares de distribuição gratuita. Ao longo desse ano o *software* foi integrado em projectos educativos³⁹⁶. Nesse âmbito, o ANIMATROPE foi utilizado por escolas do 1.º e 2.º ciclos do ensino básico de onde resultou um conjunto de trabalhos que foram apresentados publicamente em 2003³⁹⁷.

Durante o seu primeiro ano de utilização, em 2002, o ANIMATROPE foi integrado em dois blocos de actividades distintas. Primeiro, actividades curriculares nas áreas de *Educação Visual e Tecnológica*, no âmbito das quais os alunos abordaram a imagem em movimento utilizando o ANIMATROPE em articulação com as práticas correntes de representação gráfica sobre o papel. Os alunos realizaram registos gráficos para representar formas naturais que trouxeram para a aula. Nesta fase, as actividades seguiram as rotinas convencionais da disciplina de Educação Visual e Tecnológica sem ser necessário utilizar as novas tecnologias. Com base nos desenhos realizados foram criados projectos, que mais tarde se concretizaram no ANIMATROPE para dar origem a animações em suporte digital. Com esta actividade foi possível verificar a integração das novas tecnologias de processamento de imagem sem alterar radicalmente as rotinas escolares da disciplina. Além das aplicações didácticas em contexto curricular, foi desenvolvido um projecto no âmbito de actividades não curriculares, onde um grupo de alunos do 2.º ciclo do Ensino Básico realizou diversas actividades exploratórias sobre animação, através das quais se fizeram algumas descobertas sobre esta linguagem de expressão visual.

No segundo ano, foram desenvolvidas actividades de exploração e de design em contextos extra-curriculares. Neste contexto, o projecto “*Redesign do ANIMATROPE*” foi integrado numa actividade de investigação aplicada, através da qual se pretendeu caracterizar o tipo de comportamento e de atitude criativa de um grupo de crianças, face à resolução de um problema tecnológico relacionado com tecnologias de informação e comunicação. As actividades que corporizaram esta prática obedeceram a uma

³⁹⁵ CINANIMA – Festival Internacional de Cinema de Animação de Espinho.

³⁹⁶ Dos quais se destaca a iniciativa conjunta do Centro de Área Educativa de Aveiro e do Cineclub de Avança, com a designação “Cinema na Escola”.

³⁹⁷ AVANCA’2003 – Encontros Internacionais de Cinema, Televisão, Vídeo e Multimédia.

metodologia de desenvolvimento de *software* educativo segundo uma lógica de “*design* participado por crianças”.

Pretendeu-se, assim, que grupos de cinco alunos de 10/11 anos identificassem problemas de funcionamento do *software* ANIMATROPE e, a partir daí, elaborassem propostas para a sua resolução. O desafio resultou numa experiência enriquecedora. As soluções apresentadas pelos alunos consistiram em protótipos de baixa tecnologia (incluindo cartões e apresentações em suporte digital), os quais foram publicados na internet sob a forma de relato e apresentação dos resultados. As actividades tipicamente desenvolvidas por cada grupo de alunos repartiram-se entre a biblioteca e a sala de computadores, como resumido no Quadro A.1, incluindo três tipos principais de actividades, nomeadamente:

- Ao nível do funcionamento do ANIMATROPE: exploração livre do *software*; criação de um projecto de animação; avaliação do sistema em situação real;
- Ao nível da identificação de novos aspectos a desenvolver: registos gráficos sobre fichas de trabalho específicas, ilustração de interface gráfica; elaboração de esquemas gráficos legendados para representar as alterações a fazer no sistema;
- Ao nível da criação de propostas para o *redesign* da aplicação: elaboração de desenhos sobre cartões para representar fluxos de interacções sobre o sistema; apresentações multimédia para simular alguns aspectos das novas funcionalidades; publicação das propostas na internet; elaboração de um relatório crítico sobre o trabalho realizado.

Quadro A.1.
 “Redesign do ANIMATROPE” – Calendarização das actividades

| Data | Actividade | Local |
|--|---|-------------------------|
| A – Construção de um anúncio televisivo sobre o Animatrope: | | |
| 27.02.03 | 1. Criação de uma narrativa | Biblioteca |
| 06.03.03 | 2. Desenho de um <i>storyboard</i> | Biblioteca |
| 12.03.03 | 3. Desenho de personagens e cenários | Sala de computadores |
| 27.03.03 | 4. Criação de bibliotecas digitais | Sala de computadores |
| 03.04.03 | 5. Criação de cenas animadas | Sala de computadores |
| 10.04.03 | 6. Montagem das cenas e criação de um projecto multimédia | Sala de computadores |
| 08.05.03 | 7. Edição não linear para apresentação no circuito de televisão interno da escola | Actividade por realizar |
| B – Análise do trabalho realizado identificando aspectos que deverão ser melhorados: | | |
| 15.05.03 | 1. Discussão em grupo sobre aspectos que deverão ser melhorados tendo por referência a experiência realizada. | Biblioteca |
| C – Criação de propostas para melhoramento da aplicação: | | |
| 22.05.03 | 1. Distribuição de tarefas e criação de subgrupos. | Biblioteca |
| | 2. Desenho de esquemas em papel para representar as alterações ao sistema (esboços). | Biblioteca |
| 29.05.03 05.06.03 | 3. Desenho de esquemas gráficos para representar as novas funcionalidades do sistema | Biblioteca |
| 12.06.03 18.06.03 | 4. Construção de apresentações multimédia para simular o funcionamento do sistema | Sala de computadores |
| D – Apresentação das propostas | | |
| 26.06.03 | 1. Publicação dos materiais na internet | Sala de computadores |
| | 2. Elaboração de um relatório crítico | |

Fonte: Escola Básica 2,3 Dr. João de Barros – Figueira da Foz/Departamento de Educação Visual e Tecnológica/2003.

Os resultados finais revelaram um conjunto de contributos e ideias, enunciados pelos alunos, que demonstram as suas capacidades de interpretação, reflexão e criação de novas soluções tecnológicas. Segundo o professor coordenador do projecto, “*Os miúdos encontraram soluções fantásticas para problemas que não tínhamos previsto durante a concepção do software. Foram muito criativos e encararam as propostas de trabalho como uma oportunidade para aprender a fazer e reflectir sobre os recursos que utilizaram. O meu propósito foi querer que eles aprendessem por si próprios, que sentissem as dificuldades e encontrassem, com a minha ajuda, a solução para os seus problemas.*”

Projecto 7 – “Arte e Tecnologia”

Área: Tecnologias de Informação e Engenharia Informática

Escola: Colégio Valsassina – Lisboa

Disciplina: Iniciação à Informática

Idade dos Alunos: 9/10 anos

Alunos envolvidos: Turma

Descrição do projecto:

Na sequência de iniciativas anteriores por parte da professora³⁹⁸, surge a ideia de fazer um projecto com os alunos do 4º ano integrando tecnologias de informação e comunicação com artes gráficas. É lançado o desafio aos alunos de seleccionar a obra de dois pintores portugueses, tendo resultado na identificação de Amadeu de Souza Cardoso e Maria Helena Vieira da Silva.

Estava assim em curso o projecto “Arte e Tecnologia”, tendo como principal objectivo contribuir para o estudo da educação estética, artística e tecnológica na área das artes visuais. “Arte e Tecnologia” desenvolveu-se no Laboratório de Informática, incidindo sobre os múltiplos aspectos da linguagem visual através do contacto com as obras de arte nos museus. Concretamente, o trabalho baseou-se na “fundamentação dos processos de criação nas obras de Amadeu de Souza Cardoso e Maria Helena Vieira da Silva”, em que se pensaram questões como: “Como é que os pintores criam efeitos visuais geradores de espaço, nomeadamente através da sobreposição de planos e linhas, por comparação às linguagens da engenharia, arquitectura e fotografia?”

Começou por se fazer um percurso biográfico dos artistas, realizando uma pesquisa³⁹⁹ e uma entrevista⁴⁰⁰ sobre cada um dos artistas. Seguidamente, ter-se-á analisado a obra dos artistas, com visitas das crianças a museus⁴⁰¹, nas quais foi feita a identificação de elementos estruturantes das obras.

³⁹⁸ Nomeadamente acções desenvolvidas na Fundação Calouste Gulbenkian e posteriormente na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, denominadas “Investigação em Desenvolvimento Estético”.

³⁹⁹ A pesquisa levada a cabo pelos alunos envolveu uma recolha documental (com recurso à Internet, livros, catálogos, revistas, etc.), a leitura dos documentos, a selecção do material mais adequado, a produção de um texto, a inventariação das categorias principais para a criação de um jogo (cujo objectivo é o ajudar a conhecer as pequenas e grandes coisas da vida do artista, e de que são exemplos a data e local de nascimento, os amigos, a escola ou as viagens) e a ilustração das categorias.

⁴⁰⁰ Desta etapa fazem parte, para além da entrevista propriamente dita, também o tratamento dos dados e um texto final.

⁴⁰¹ Nomeadamente, Fundação Arpad Szenes-Vieira da Silva e Centro de Arte Moderna José Azeredo Perdigão, da Fundação Calouste Gulbenkian

Para selecção dos quadros foram identificados elementos tecnológicos que englobassem a engenharia, a arquitectura e a fotografia. Segundo a professora, “... *esta complementaridade intencional faculta às crianças a elaboração de uma linguagem plástica específica, uma linguagem tecnológica, a apreensão de códigos e o acesso à unidade de uma obra de arte.*” No sentido de facilitar a comparação entre os processos das artes plásticas e os processos tecnológicos, ter-se-á ainda desenvolvido um conjunto de actividades que se apresentam no Quadro A.2. Segundo a professora, “... *chegou-se à conclusão de que em todas as áreas é necessária a apreensão de códigos específicos de cada linguagem*”.

Quadro A.2
Projecto “Arte e Tecnologia”

| Artista | Maria Helena Vieira da Silva | Amadeu Souza Cardoso |
|--|--|--------------------------------------|
| Principais elementos gráficos analisados | Linha | Forma |
| | Cor e tonalidades | Cor |
| | Espaço | Espaço |
| | Volume | Sobreposição de planos |
| | Actividades no computador | Actividades no computador |
| | Uma cor e os seus tons | Produção de retratos |
| | Linhas cruzadas | Sobreposição de formas geométricas |
| | Linhas no espaço | Cores fortes/volume/quebra de planos |
| | Bidimensionalidade | |
| | Linhas num espaço tridimensional | |
| Principais visitas e actividades desenvolvidas | Visita à Gare do Oriente Ponte Vasco da Gama Elevador de Santa Justa | Visita ao Bairro de Chelas |
| | Fotomontagem | Fotomontagem |

Fonte: Colégio Valsassina/Iniciação à Informática/2002-2003

O resultado foi a criação de um jogo sobre acontecimentos da vida e obra dos artistas. Concluído o jogo, organizaram-se equipas para testar o resultado, tendo os próprios alunos identificado lacunas e melhoramentos a fazer. Procederam então a alterações que, segundo eles, acrescentaram à vertente lúdica de um jogo, a possibilidade de aprender mais sobre os artistas plásticos. Curioso é verificar a preocupação de crianças com idades compreendidas entre os 9 e os 10 anos em potenciar um jogo que incluísse uma componente de aprendizagem, criando um conjunto de regras que permite jogar de forma consentânea com a riqueza de informações que contém. A animação lúdico-pedagógica no computador, que decorreu

neste contexto, promoveu o estabelecimento de relações potenciadoras do desenvolvimento da sensibilidade estética, plástica e tecnológica.

Projecto 8 – “Novas tecnologias na aula de Matemática”

Área: Matemática

Escola: Escola Secundária Alberto Sampaio – Braga

Disciplina: Matemática (Tema: Geometria no Plano e no Espaço; Sub-Tema: Intersecção de Sólidos Geométricos)

Idade dos alunos: 16/17 anos

Alunos envolvidos: turma

Período de realização: quatro aulas

Observações: Projecto baseado no software “Cortes” desenvolvido pelo professor responsável no âmbito do PRODEP II

Descrição do projecto:

A intersecção de sólidos geométricos por planos foi estudada pelos alunos com o objectivo de determinar geometricamente a secção resultante da intersecção de um plano com um sólido geométrico. Após mostrar modelos de sólidos geométricos em que foi feita a intersecção com um plano predefinido, o professor utilizou uma aplicação informática⁴⁰² para mostrar aos alunos a construção geométrica da determinação das várias secções, usando um computador e um projector. De seguida, os alunos exploraram nos seus computadores esse software, que lhes permitiu uma “navegação” personalizada, após o que lhes foram distribuídas fichas com alguns exercícios de resolução manual, recorrendo ao uso de régua e esquadro.

Aquando da fase de apresentação do tema, os alunos tiveram a possibilidade de navegar numa aplicação informática, experimentando casos de complexidade diversa, explicados de forma detalhada e flexível. De acordo com o professor responsável pelo projecto *o sistema permite ao aluno aprofundar os seus conhecimentos para além das exigências curriculares, se para tal sentir curiosidade.*

A implementação deste projecto envolveu as seguintes fases:

1. Sensibilização: os alunos manusearam modelos em acrílico com aberturas através das quais foi introduzido um líquido colorido. Conforme a quantidade de

⁴⁰² O software “Cortes”, desenvolvido pelo próprio professor e instalada em todos os computadores do Laboratório de Matemática e na Biblioteca da escola.

- líquido introduzido e a inclinação dada ao modelo, a superfície livre do líquido ia produzindo variadas figuras planas (1 aula);
2. Apresentação: utilizando o software desenvolvido e um computador ligado a um projector, o professor mostrou como cortes em sólidos por secções planas podem ser representadas geometricamente de forma descritiva, mostrando casos de complexidade diversa (1 aula);
 3. Experimentação: recorrendo a um computador no qual estava instalado o software desenvolvido com a resolução de casos típicos, grupos de dois alunos foram desafiados a resolver problemas adicionais, recorrendo simultaneamente a papel, lápis, régua e esquadro (2 aulas);
 4. Avaliação: resolução de problemas sem recorrer ao computador (1 aula).

Projecto 9 – “O carro do futuro”

Descrição do projecto:

O “carro do futuro” foi um projecto desenvolvido no âmbito do Plano Anual de Actividades do Agrupamento Escola Básica 1, n.º3 de Portimão (Coca Maravilhas), sob o tema: “Como vejo e sonho a minha cidade”. No Quadro A.3 elencam-se os projectos desenvolvidos e as escolas envolvidas.

Quadro A.3
Projecto “O carro do Futuro”

| Área: Transportes /Mobilidade | | | |
|---|-----------------------------|--|-------------------------------|
| Agrupamento Escola Básica 1 n.º 3 de Portimão (Coca Maravilhas) | | | |
| Designação do projecto | Escola | | Alunos participantes e idades |
| “O Autocarro do Futuro” | Escola EB 1 Coca Maravilhas | | Turma/6 anos |
| “Dauphin” | Escola EB 1 Coca Maravilhas | | Turma/6-10 anos |
| “Auto-caracovel” | Escola EB1 Chão das Donas | | Turma/7 anos |
| “Vensolcarro” | Escola EB1 Chão das Donas | | Turma/8 anos |
| “Solarturbo” | Escola EB1 Chão das Donas | | Turma/8 anos |
| “O Rolinhas” | Escola EB 1 Coca Maravilhas | | Turma/8 anos |
| “O comboio do futuro” | Escola EB1 Coca Maravilhas | | Turma/6 anos |
| “O Mãozinhas ” | Escola EB 1 Coca Maravilhas | | Turma/7 anos |
| Período de realização: ano lectivo de 2002/2003 | | | |

Fonte: Escola Básica 1, n.º 3 de Portimão

Os alunos executaram trabalhos gráficos e pinturas sobre planos para futuros automóveis, posteriormente submetidos a votação na turma para selecção de um veículo a ser construído. O processo incluiu a discussão prévia na turma de critérios de selecção do “carro do futuro”, incluindo o nível de poluição atmosférica e sonora, a utilização de formas de energia renováveis (sol, vento), e a possibilidade de permitir o exercício físico do condutor, entre outros. Depois de construídos, os veículos foram expostos publicamente⁴⁰³ num espaço imaginado pelas crianças como a “cidade do futuro”, permitindo o envolvimento da comunidade local, e especialmente pais e educadores, nas actividades da escola.

Na sala de aula, após a selecção do veículo a construir, chegou o momento de planear a construção do veículo, incluindo a divisão das tarefas na construção e a selecção dos materiais a utilizar. Foi então dada particular atenção à reutilização de materiais comuns e típicos da rotina diária das crianças. As várias tarefas desenvolvidas

⁴⁰³ Feira Pedagógica, simbolicamente inaugurada a 1 de Junho – Dia Mundial da Criança, no espaço “Portimão no Futuro”.

envolveram diferentes áreas disciplinares e foram realizadas ao longo do terceiro período, respeitando o objectivo de transdisciplinaridade proposto no projecto curricular das turmas. Por exemplo, preocupações pedagógicas e de aproximação ao currículo escolar levaram a que, por exemplo, a decoração de veículos fosse feita com figuras geométricas, o que se coadunou com a aprendizagem da Matemática.

Projecto 10 – “Filosofia e ciência em diálogo”

Área: Ciências Sociais e Humanas

Escola: Colégio Valsassina – Lisboa

Disciplina: Introdução à Filosofia

Idade dos alunos: 11º ano (16/17 anos)

Alunos envolvidos: Turma

Período de realização: 2º e 3º períodos do ano lectivo de 2002/2003

Descrição do projecto:

O projecto “Filosofia e ciência em diálogo” teve como objectivo a aproximação dos discursos científico e filosófico. Esta ideia surgiu a propósito do conteúdo programático da disciplina de Filosofia do 11º ano, nomeadamente no que respeita à área de epistemologia. Tratando-se de discutir questões relacionadas com a validade do conhecimento e da pertinência da sua associação ao conhecimento científico, os professores seleccionaram um texto⁴⁰⁴ inspirado na obra de Rómulo de Carvalho para leitura e discussão na turma, no sentido de facilitar um melhor entendimento das relações epistemológicas entre filosofia e ciência.

A discussão foi focada na filosofia de ensino referida na obra analisada, essencialmente no domínio da ciência. Foi então seguido um processo típico do método científico, incluindo:

- Escolha de um tema específico do interesse do aluno;
- Identificação da problemática;
- Enunciação dos objectivos e hipóteses de análise;
- Escolha das estratégias para validar as hipóteses;
- Selecção de textos e materiais de apoio e consequente discussão;
- Elaboração de um texto de análise;
- Discussão e avaliação do texto.

⁴⁰⁴ Nomeadamente, a obra “Eles não sabem que eu sonho”, de Carlos Café.

Assim, cada aluno identificou um tema específico que gostasse de ver analisado e elaborou um plano de análise. O resultado foi naturalmente muito diversificado e exemplos de questões levantadas pelos alunos incluem: *Qual a causa do degelo na Antártica?*; *Por que razão as aves efectuem voos migratórios?*, entre muitas outras. A preocupação subjacente era a de formular uma questão pertinente e passível de ser pelo menos parcialmente respondida.

O projecto prosseguiu com a recolha de bibliografia que permitisse responder à questão colocada e/ou com entrevistas a especialistas das matérias em causa. No fundo, procurou-se uma resposta séria a problemas concretos.

Segundo os professores, este trabalho possibilitou “... o pensamento crítico e criativo e o respeito pela discussão e troca de ideias. (...) ...[em que] o aluno não esteve restrito à mera reprodução desarticulada de elementos informativos, [já que] procurou criar-se o dinamismo próprio do pesquisador dotado de curiosidade intelectual pela cultura científica. (...) A reflexão feita pelos alunos permitiu-lhes compreender que a leitura e análise de textos filosóficos pode ajudar a compreender a evolução do conhecimento científico”.

Anexo B – Caracterização das práticas pedagógicas do ensino da ciência na (e a partir da) escola

Quadro B.1 – Caracterização das práticas pedagógicas do ensino da ciência na (e a partir da) escola

| Categoria | Dimensões de análise | Indicadores | Episódios Relevantes |
|--|--|--|----------------------|
| Parte conceptual do Ensino-aprendizagem da ciência na (e a partir da) escola (Conceitos da prática educativa) | 1 Ensino Papel do Professor | a) Ensino em que se transmitem os principais conceitos, teorias, factos e métodos da disciplina. E onde se focam as questões relacionadas com a prática científica; b) Ensino contextualizado da ciência, que inclui a discussão de questões científicas na sua relação com a sociedade e a tecnologia (perspectiva CTS), que permite compreender o mundo científico na sua globalidade e complexidade e contribui para uma melhor educação para a cidadania. c) Ensino multicontextualizado – contextos formais, não formais e informais; d) Professor como elo de ligação entre domínios formais, não formais e informais; e como potenciador da assimilação de conteúdos científicos obtidos fora da sala de aula e orientador da selecção dos mesmos. | ...* |
| | 2 Aprendizagem Papel do aluno | a) Aprendizagem que possibilita ao aluno compreender conceitos e reflectir sobre as inter-relações entre CTS. b) Aprendizagem útil e utilizável (isto é, perspectiva orientada para a acção); c) Uso de capacidades de pensamento crítico no contexto da resolução de problemas e na tomada de decisões sobre questões controversas. | ...* |
| | 3 Concepções de: Ciência, Tecnologia e Sociedade, Ensino Experimental da ciência | a) Explicitação das noções de ciência (empreendimento humano com vista à exploração e à descoberta de conhecimentos novos acerca do planeta e do universo) e tecnologia (conjunto de ideias e técnicas para resolução de problemas; concepção de produtos para a organização do trabalho das pessoas e para o progresso da sociedade); b) Reforço da ideia de que a ciência é uma actividade humana, feita por humanos e para humanos (dessacralização e contextualização social da actividade científica); c) Referência à relação entre ciência/tecnologia e sociedade (impactos/riscos e benefícios) d) Ensino experimental (realização de trabalho experimental; desejavelmente além da reprodução de protocolos experimentais estereotipados). | ...* |

| Categorias | Dimensões de análise | Indicadores | Episódios Relevantes |
|---|---|--|---|
| Parte procedimental do ensino-aprendizagem da ciência na (e a partir da) escola (Elementos da prática educativa) | <p style="text-align: center;">4</p> <p>Estratégias de ensino-aprendizagem</p> | <p>a) Recurso a estratégias sistemáticas de questionamento dos alunos (orientado para o apelo à participação activa no processo educativo e estimuladoras da capacidade de pensamento reflexivo – que pressupõe tempo de espera à resposta);</p> <p>b) Aproximação a temas de interesse dos alunos (pessoais, locais, globais);</p> <p>c) Recurso a actividades que simulem a realidade – debates argumentativos sobre questões científicas controversas; jogos de papéis, simulações, resoluções de problemas, estímulo à pesquisa individual ou em grupo (dentro e/ou fora do contexto da sala de aula), trabalhos e projectos individuais ou grupo;</p> <p>c) Actividades em ambiente real (visitas de estudo, experiências de campo em contexto real).</p> | <p style="text-align: center;">...*</p> |
| | <p style="text-align: center;">5</p> <p>Recursos e materiais didácticos</p> | <p>a) Utilização, frequente e diversificada, de materiais didácticos com relevância e em reforço da educação científica em contexto de sala de aula ou fora dela (a nível de conteúdos – televisão, rádio, internet, vídeo, imprensa, etc. E equipamentos – computador, televisão... E quaisquer outros recursos da comunidade relacionados com questões científicas e tecnológicas (património escolar, local regional, nacional...)</p> | <p style="text-align: center;">...*</p> |
| | <p style="text-align: center;">6</p> <p>Ambiente de ensino-aprendizagem</p> | <p>a) Ambiente de reflexão e questionamento permanentes: em que os alunos podem, e são incentivados a 1) verbalizar os seus pensamentos formulando questões ou expondo ideias; 2) desenvolver compreensão significante de conceitos e fenómenos científicos e tecnológicos; e 3) a aplicar esses conceitos na resolução de problemas reais.</p> <p>b) Clima de interactividade, cooperação, empatia, e aceitação da diversidade (de inteligências e sensibillidades) de alunos.</p> <p>c) Clima favorável à compreensão das relações entre ciência, tecnologia e sociedade, nomeadamente das que se prevêm mais próximas das vidas pessoais e profissionais dos alunos, ou seja, uma educação para o futuro.</p> | <p style="text-align: center;">...*</p> |

* Ocorrências no Diário de Campo.

Anexo C – Visita de estudo ao Instituto Superior de Agronomia, da Universidade de Lisboa. Excerto de Diário de Campo

No dia 3 de Fevereiro, reunimos pelas 13h30 no portão da escola com a professora Tânia e parte dos alunos da turma de Biologia do 12.º ano, para fazer uma visita de estudo ao Instituto Superior de Lisboa – ISA, sob o tema da manipulação de genes (matéria que faz parte do programa da disciplina).

Perante a impossibilidade de custear a deslocação em autocarro, a solução sugerida pela professora para que a visita de estudo fosse possível foi a professora levar o seu veículo, nós o nosso e mais duas alunas levarem os seus próprios veículos também. No total somos dezasseis – 14 alunos, a professora e nós. Organizou-se um sistema de boleias, que funcionou bem. As alunas que se ofereceram para levar os seus carros, dando boleia a colegas, estão preocupadas com a sua pouca experiência de condução em Lisboa e com receio de nos perdermos uns dos outros; com imaginação aparecem à hora marcada com balões, para encher e atar aos quatro carros – «*estilo de casamento*», o que que provocou a risada geral no grupo e aumentou a boa disposição entre o grupo de excursionistas entusiasmados. Uma das alunas que ia conduzir, condutora recente e sem muita experiência de condução em Lisboa, desabafava, receosa mas animada: «*Eu não me quero perder, e assim não perco os carros de vista*».

A viagem decorre sem incidentes, entre piadas sobre *balões esvoaçantes e potenciais crises nervosas* da Luísa acaso os balões se desprendam dos veículos «*Se os balões voam, a Luísa ‘passa-se’ e nunca mais conduz* [risos]», comentam os alunos. Chegados ao ISA, há duas pessoas da instituição à nossa espera. Somos recebidos e encaminhados para um anfiteatro, onde é feita a recepção – são dadas as boas-vindas e há lugar a uma apresentação da faculdade. Pessoalmente, impressionam-nos as características físicas do local – um extenso paraíso verdejante na cidade de Lisboa... Seguem-se uma visita por vários locais do instituto, numa duração prevista de aproximadamente duas horas.

Começamos por visitar o Laboratório de MicroBiologia, onde nos aguarda um professor bastante afável, que dá uma palestra bastante interactiva sobre Biodiversidade.

Professor: «*Grande parte não se vê a olho nu. [Faz várias perguntas aos alunos, nomeadamente donde são, direccionando depois a conversa para o local donde os alunos vêm.] Acham que o vosso concelho tem uma grande ou pequena*

biodiversidade?» [Conversa com os alunos sobre o assunto, respondendo depois de ouvir as respostas dos alunos] *Exacto. Grande [biodiversidade]! Porque tem mar, agricultura, floresta... (...) Sabem o que é um hectare? Um hectare são 10 000m². (...) E um micrómetro? Mil vezes um milímetro. E um nanómetro? Mil vezes um micrómetro.* [Há muitas perguntas e também muitas respostas dos alunos, que estão bastante à vontade e participativos – cremos também pela excelente postura do professor do ISA] *Vamos ver micróbios* [dirigindo-se para os microscópios da sala]. *Sabem nomes de micróbios? (...) Acima dos micróbios? (...) Leveduras, já ouviram falar? Para que servem? (...) Sim, para a fermentação. E não só. E maior que a levedura – e ainda micróbio?»* A Luísa responde: «*Fungo.*» O professor responde: «*Exacto. E o fungo é muito interessante porque é possível vê-lo à vista desarmada. Como? (...) Bolor. (...) Qual a diferença entre bactérias e fungos? Fungos são bolor, microscópicos ou quando se desenvolvem, por filamentos, ficam visíveis à vista desarmada. (...) Vocês têm laboratório [na escola]?»* Os alunos respondem: «*Sim, mas nós não temos técnicas laboratoriais...*» [diz a Luísa em conjunto com alguns outros colegas, em tom de lamento]. «*Eu ainda tive.*», diz o Luís. «*Eu também.*», acrescenta outro. [É muito interessante a relação que os alunos parecem estabelecer entre as TL e os conhecimentos de natureza científica de cariz prático, e o de não saber com o facto de não terem frequentado a disciplina ‘*Eu não sei, não tive TLB...*’] O professor do ISA visivelmente revê-se nessa posição e prossegue: «*As bactérias e os fungos não são muito diferentes. Só fundamental em termos de tamanho* [utiliza bastante termos científicos nas suas explicações, que os alunos parecem dominar com à vontade – ‘*Procariótica*’, ‘*eucariótica*’...]. «*O que me pediram foi para pô-los a mexer no material! Vamos pô-los a mexer no material. (...) Os micro-organismos têm funções muito diversas no universo. (...) Vocês também vão fazer preparações. (...) O que é a diatomácea?»* «*Nunca demos*», respondem. «*É um fóssil de uma alga microscópica. Depois podem ver aqui no manual das práticas: desenhos que mostram a diversidade de formas... (...) Vocês vão tentar saber...* [acrescente-se a este relato que uma das pessoas que nos recebeu, ligada ao serviço de ‘saídas profissionais’ da instituição, continua a acompanhar-nos nesta fase]. (...) «*Como é que se estudam microorganismos? Utilizando meios de cultura. Vêem aqui uma ‘placa de Petri, gel – ágar*⁴⁰⁵ – com

⁴⁰⁵ Ágar-ágar – também conhecido simplesmente como ágar, agarose ou gelose –, é um hidocolóide extraído de diversas espécies de algas marinhas. É insolúvel em água fria, porém expande-se consideravelmente e absorve uma quantidade de água de cerca de vinte vezes o seu próprio peso,

nutrientes,... [vai mostrando o material à medida que vai falando dele] (...) Leveduras – fermentos, actividade benéfica das leveduras. (...) A cidra é o produto fermentado da maçã. Os micróbios podem ter actividades benéficas ou más para os alimentos, ao estragá-los.» A palestra prossegue, falando-se de [Louis] Pasteur, da pasteurização, do leite UHT⁴⁰⁶. «(...) *Aquecer o vinho... Só desde o final do século XIX é que se sabe, cientificamente, que há micróbios. (...) Mas não é só falar, também é mexer! Vamos tentar ver as diferenças. O desafio é o de observar no microscópio, identificar e depois desenhar no quadro.»* A Luísa reage ao desafio, rindo e dizendo: «*Nós não estamos lá.»* [referindo-se à sua falta de capacidade para o desenho] «*Mas deviam estar.»*, responde o professor com humor. Um por um, circulando de microscópio em microscópio, os alunos identificam tudo – ou praticamente tudo – o que lá havia sido previamente colocando para identificarem.

Depois o professor reitera, firme mas bem-disposto: «*Desenhar!*» Os alunos não quiseram e o professor diz: «*São... Não obedecem aos professores. [risos]*» [(...) Enquanto explica vai fazendo algumas traduções de linguagem] «*Há duas hipóteses de mau... Patogénicos para o homem. 'Pato' igual a doença. E patogénicos para os alimentos.»* Os alunos estão todos de pé, de volta do professor, mais ou menos descontraídos, depois de quebrado o gelo inicial. É-lhes proposto o desafio de cheirar dois copos de vinho, e de depois tentarem identificar o cheiro do que está 'estragado' e o elemento causador desse cheiro. «*Cheira a suor de cavalo»*, diz o professor com humor. «*O que está a estragar o vinho é uma levedura.»* Tecem-se mais algumas considerações e o professor e alunos despedem-se.

Depois, na mesma sala, segue-se uma sessão com outra professora do ISA, que depois de se apresentar, diz que nos vai falar de um patogénico.

formando um gel não-absorvível, não-fermentável e com importante característica de ser atóxico. A sua composição contém fibras e sais minerais e uma pequena quantidade de proteínas.

A alga ágar-ágar é muito utilizada em microbiologia para culturas sólidas de bactérias. Sendo particularmente útil devido ao facto de se manter sólida a temperaturas comumente empregadas para cultura de bactérias (37 graus celsius) – apresentando a densidade de um gel firme). As culturas em meio sólido são muito importantes pois permitem a identificação e isolamento de culturas puras (colónias, originadas de um único microrganismo), o que não é viável em meios de cultura líquidos.

Pessoalmente, conhecíamos-la pelo uso alimentar que lhe damos, em alternativa ao consumo de gelatina de origem animal. E, portanto, já conhecíamos as suas propriedades gelificantes. Esta visita foi para nós muito interessante também do ponto de vista da nossa própria cultura científica.

⁴⁰⁶ UHT é uma sigla que significa, no termo em inglês, *ultra high temperature*, que em tradução livre poderíamos designar por 'temperatura ultra elevada'. É um processo utilizado para esterilização de alimentos através do aquecimento e imediato arrefecimento, sendo um tipo de pasteurização que se dá de forma muito rápida. A sua utilização mais comum é na preparação do leite de animais para consumo humano.

A nós pergunta-nos quem somos e donde vimos, revelando genuíno interesse pelo nosso trabalho. É uma pessoa bem-disposta, simpática e deixa os alunos muito à vontade. Como só havia dois adultos a acompanhar os alunos, e não é possível fazer a visita a todos em simultâneo, depois da apresentação inicial, houve necessidade de dividir o grupo em dois, tendo a professora Tânia acompanhado um grupo de alunos e nós o outro.

«Podemos mexer nos patogénicos dos alimentos, mas não nos patogénicos [do homem]. É perigoso!» A professora trouxe uma apresentação em *PowerPoint* sobre ‘*Listeria – animais e ruminantes*’, onde se pode ler que:

“Listeria: bactéria patogénica, não visível” [a propósito da qual explica «*Isto é, não manifesta nenhum sinal visível nos alimentos –, e por isso podemos estar a ingeri-la sem saber. É perigosa.*» Grupos de risco: bebés, idosos, grávidas e doentes. Tem uma taxa de mortalidade de 30 a 40%.”

A professora continua a sua explicação, falando sobre a listeriose, afirmando que potenciais fontes de contaminação podem ser o leite e os produtos lácteos em geral. Aproveitando o facto para alertar para a necessidade de se cumprirem rigorosamente os prazos de consumo, por exemplo, dos iogurtes. «*As pessoas muitas vezes pensam: ‘ah, passou um, dois dias, mas isto está bom. Vou comer’ Porque não cheira mal, não sabe mal, não se vê. Não devem fazer isso! A data de validade serve para isso mesmo. Para indicar o período até ao qual se garante a protecção contra a listeria, e mesmo assim, às vezes... Por isso, já sabem!*» Prossegue dizendo que «*a listeria constitui uma preocupação para a indústria, pois é um micro-organismo ubíquo, que resiste a valores baixos de pH⁴⁰⁷ e a elevadas concentrações de sal. É anaeróbio facultativo e capaz de formar biofilmes, psicotrópico. É difícil eliminar esta bactéria; é mais resistente se comparada com outros grupos de bactérias.*» Começando a analisar, ponto por ponto, as características apresentadas no slide de *PowerPoint*, questiona: «*Porque acham que é ubíquo? O que é ubíquo?* [Perante o desconhecimento dos alunos, a professora dá uma ajuda, avançando com duas hipóteses] *Dois hipóteses: pouco frequente, muito frequente.*» Os alunos tendem a aproximar-se da resposta correcta – ‘*muito frequente*’. «*Está presente em muitos ambientes. Em quase todo o lado. Tem a capacidade de*

⁴⁰⁷ Acrónimo de *potencial de hidrogénio*. Trata-se de um valor que exprime a acidez ou a alcalinidade de uma solução – 7 corresponde a uma solução neutra; valores abaixo correspondem a uma solução ácida e valores acima a uma solução alcalina.

crescer e de se desenvolver em ambientes diversificados. E 'valores de pH muito baixos'?» Os alunos respondem correctamente: «*Ambientes ácidos.*» «*Anaeróbicos: listeriose desenvolve-se em meios com e sem ar?*» [...] A professora fala do colega que a antecedeu, tecendo elogios ao seu trabalho, os alunos concordam que foi uma explicação muito interessante. [...] Com humor, diz: «*Estes meninos são deste tempo, e digam-me que acompanham as mães aos supermercados* [risos]. *Já têm visto as embalagens sem ar; é para minimizar, reduzir os perigos de... (...) Biofilmes*⁴⁰⁸. *Exemplo: placa bacteriana. (...) A listeria é uma bactéria que adere à superfície dos equipamentos da indústria alimentar. (...) 'Psicotrópica' tem a ver com a temperatura; desenvolve-se a temperaturas de refrigeração – cresce mais depressa que as outras bactérias no frio. (...) [No seu controlo, a] Tolerância zero: a tolerância de amostra é de 25g. (...) Patês, saladas, queijos (maior no queijo fresco), salsichas... (...) Facilmente destruída pelo calor. (...) Podem ser diferenciadas várias estirpes de Listeria.. (...) Os nomes das bactérias escrevem-se em Latim. A primeira palavra é para o género e a segunda para a estirpe. (...) Gel de adense, depois corado...» [Algumas pessoas passaram pelo laboratório enquanto a professora falava, julgo que em trabalho, umas com e outras sem bata; este laboratório parece ser um local de passagem. Os alunos vão interagindo com a cientista]. A exposição e troca de ideias prossegue, e a professora afirma: «[Em Portugal] *Não é doença considerada de isolamento clínico. Portugal é o único país da União Europeia onde depois de diagnosticarem a doença numa determinada pessoa, as autoridades não vão a casa dessa pessoa tentar descobrir a origem da doença. Depois de entrar no hospital com um quadro de listeriose... (...) Aqui [no ISA] testam-se produtos de higiene para combater... O engenheiro António [presente na sala], é recém-licenciado, e trabalhou com higienização da indústria. Este é um exemplo de colaboração entre a Indústria e a Universidade, porque isto não pode ser feito pela Indústria e a Universidade pode ajudar. (...) Avaliação da virulência: diferentes isolados provocam virulências diferentes. Como nenhum cientista gosta de fazer isto com os ratinhos...* [demonstrando uma compaixão pelas cobaias que a nós nos*

⁴⁰⁸ Biofilmes são comunidades biológicas caracterizadas por um elevado grau de organização, onde as bactérias formam comunidades estruturadas, coordenadas e funcionais. Estas comunidades biológicas formam matrizes poliméricas auto-produzidas, podendo desenvolver-se em qualquer superfície húmida – biótica ou abiótica. A associação dos organismos em biofilmes constitui uma forma de protecção ao seu desenvolvimento, favorecendo relações simbióticas e permitindo a sobrevivência em ambientes hostis. As bactérias são ubíquitas, logo, virtualmente, os biofilmes podem formar-se em qualquer superfície e em qualquer ambiente. Podendo os biofilmes ser encontrados, por exemplo, em condutas de água, sanitários, na pele e mucosas de animais humanos e não humanos (mucosa oral, dentes: placa bacteriana) e em variadíssimas indústrias, desde a indústria química e farmacêutica à alimentar.

emociona particularmente] *Os ratinhos brancos... Estão a tentar substituir os ratinhos por... (...) Os cuidados de higiene [preventiva da doença] que devemos ter são... A mensagem para vocês... Higiene na cozinha. Ao manipular os alimentos crus, cuidado. Pano da loiça, deve ser diferente do que se usa para limpar as mãos. O frigorífico não é uma despensa; devemos ter tudo hermeticamente fechado.»* [O projecto que estão a desenvolver faz a ligação entre a resistência e a virulência]. *«Este [onde estamos] é o nosso laboratório de aulas, o maior, mas aqui ao lado temos os laboratórios de investigação, para alunos que estejam a fazer investigação. Os que o António vos vai mostrar, mas onde só podem ir quatro pessoas de cada vez.»*

Segue-se a visita aos laboratórios de investigação, contíguos ao de aulas, numa visita guiada pelo engenheiro António. É uma visita feita muito depressa [são salas mais pequenas, falamos baixo e interagimos pouco, para não atrapalhar o trabalho dos investigadores]. O engenheiro António aparenta grande nervosismo e pouco à vontade, embora dê explicações interessantes. *«Este é o frigorífico onde guardam as bactérias, a temperaturas muito baixas. Esta é uma câmara de fluxo... [diz o nome e a função de cada equipamento].»* A Luísa diz: *«Eu já fiz isto no INETI»* [numa outra visita de estudo; a aluna frequenta o 12.º ano de Biologia pela segunda vez, porque a nota do ano anterior não servia as suas ambições académicas]. Visitamos várias salas (laboratórios). Entretanto a professora que acabara de fazer a apresentação sobre listeriose vem ter connosco ao laboratório onde estamos para se despedir de nós, pedindo desculpa por ter de ausentar-se, justificando que tem outro compromisso.

Depois vamos para outra sala, para falar com outra professora sobre plantas. É uma sala multidisciplinar, onde se desenvolvem, entre outras actividades de investigação, clonagem de plantas (propagação vegetativa). A professora dá-nos uma folha com contactos e conteúdos explicativos, para que os possamos depois entregar à professora Tânia. Disponibiliza-se para esclarecer e desenvolver a parte técnica com e na escola. *«Ah, são de X. Ainda hoje estive à porta da vossa escola! Vou lá todas as sextas-feiras! [risos] [para deixar o neto na escola]. Disponibilizo-me porque é em X e tenho de lá ir todas as sextas. Senão, não me disponibilizava.»* A professora aborda-nos no sentido de *«saber informações sobre a escola secundária. Gostava de saber se é boa. [Com preocupação pelo neto, que possivelmente a irá frequentar no futuro] A EB 2,3 é a melhor daquela zona!»*

Durante a explicação, a professora escreve algumas notas no quadro, e os alunos, sem que lhes seja solicitado, tiram transcrevem-nos para os seus blocos de notas.

«*Alucina – armazenamento.*» [...] Descreve algumas das tarefas que estão a ser desenvolvidas pelos investigadores presentes na sala [que continuam o seu trabalho como se ali não estivéssemos] [...] «*Condições de manipulação* [trabalhar com ar filtrado] Ao passarmos por um dos locais de trabalho da sala, os alunos identificam a espécie em que uma investigadora está a trabalhar [equipada e com as mãos enfiadas numas mangas de protecção, dentro de câmara de ar. Está a cortar e a manipular plantas].

Sem que a professora tenha falado nesse tipo de cultura, a Luísa questiona: «*Fazem cultura hidropónica?*» A que a professora: «*Nós cá não fazemos, não temos condições. Fizemos algumas experiências, mas reconheço que não temos condições para fazê-la. As plantas não estavam nas melhores condições fisiológicas. Em substrato fazemos; estamos à vontade. Mas trabalhei num laboratório na Holanda e fazíamos. Não é nada de transcendente; exige apenas certas condições – para tratamento em assepsia, qualidade do ar e...*»

A visita conclui-se e os dois grupos reúnem-se. Os alunos e a professora lamentam que uns não tenham visto as experiências dos outros e vice-versa. Apesar de terem gostado bastante, muitos alunos manifestam a vontade de ir embora, porque têm compromissos. Na rua, aquando das despedidas finais, há ainda tempo para tirar fotografias de grupo, com os elementos da faculdade que ainda nos estavam a acompanhar e com a professora (e connosco também, embora tenhamos tentado não interferir «*Ah, a Geninha ficava de fora! Venha lá!*», dizem em conjunto. Anuímos).

No recinto, está uma cadela – obesa e idosa, mas bem tratada –, que não nos dá muita confiança quando nos tentamos aproximar. «*É a nossa mascote*» [risos], diz um dos elementos do ISA que nos acompanha, quando nos vê tentar aproximar da cadela.

Distribuem-nos um questionário, de preenchimento rápido, para que possamos dar-lhes um *feedback* da visita. Alunos e professora, individualmente, fazem a sua avaliação da visita, entregam os questionários de opinião. Despedimo-nos e regressamos à escola, enfrentando um trânsito de final de sexta-feira, à saída de Lisboa. Por entre balões esvoaçantes, não nos perdemos e chegamos ao destino. Os alunos gostaram muito da visita, embora estejam visivelmente cansados e ansiosos pelo fim-de-semana «*Foi muito giro. Mas foi um pouco cansativa, porque era muita coisa. E depois de uma semana de aulas, queremos é...* [risos]. *Mas foi muito giro, sim!*» Os que nos acompanham de carro falam dos planos para o fim-de-semana – roupas, destinos e companhias fazem parte dos discursos. Deixamos dois alunos em casa, até porque não

significa grande alteração de trajecto rumo à escola, ficando antes da escola e implicando que não tenham de retroceder caminho; ficam muito gratos. Deixamos um último na escola (*‘porque lhe dá mais jeito para depois apanhar o autocarro para casa’*), onde reencontramos a professora e os alunos que vinham com ela (os dos outros dois carros com alunos, seguem o destino de casa sem passar pela escola; estão já atrasados para os seus compromissos). A professora está muito feliz. Os alunos também gostaram. Regressamos finalmente também nós a casa. É um dia interessante!

Anexo D – Visita de estudo a uma ETAR. Excerto de Diário de Campo

No dia 22 de Maio, um grupo de alunos vai dar a aula, sendo o tema ETAR – Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos

Antes de o grupo dar início à aula, a professora avisa a turma de que na próxima sexta-feira irão efectuar uma visita de estudo a uma ETAR.

A Luísa responde, ironicamente: «*Ah, ‘ganda’ visita. Passo ao pé de uma todos os dias.* [no seu percurso para escola, que a aluna faz de carro, passa em frente a uma estação de tratamento de águas residuais] *E cheira bem!* [risos].»

A professora diz: «*É isto que vamos ver [na sexta-feira]*», apontando para uma imagem que o grupo trouxe para mostrar aos colegas.

A Luísa acrescenta: «*Então não temos de estar aqui às 8h!* [numa tentativa de entrarem mais tarde nessa sexta-feira, dia da semana em que a aula de Biologia começa às oito horas] *Então, temos de saber negociar!* [risos]» A professora insiste na necessidade de serem pontuais, porque «*A visita, só lá, são noventa minutos.*» E há que contar com a ida e o regresso (a pé, dado que a ETAR não dista muito da escola).

No dia 26 de Maio, encontramos-nos na escola e fazemos o percurso pedestre até à ETAR, para fazer uma visita de estudo. Estava uma manhã solarenga e o percurso foi divertido – com conversas e boa disposição entre professores e alunos. Para além da turma do 12.º de Biologia e da respectiva professora, à visita vai também a professora Marta, professora de Geologia da turma.

Quando chegámos à ETAR, ainda não estava a pessoa que nos iria fazer a visita guiada. O portão da estação estava aberto, mas não havia, pelo menos aparentemente, ninguém nas instalações. É um lugar muito calmo, com poucas casas à volta, numa zona mais campestre da vila. Causa-nos surpresa o facto de as instalações, apesar de poderem representar perigo para crianças e animais não vigiados, ter os portões abertos e não ter qualquer tipo de vigilância. Enquanto aguardamos, e o calor começa a fazer-se sentir, sentamo-nos nas imediações de alguns equipamentos, em muros, ou nos passeios, mas o mais afastados possível das zonas com odores menos agradáveis. Alguns alunos tecem comentários irónicos e cómicos sobre os odores: «*Que bom, este cheiro assim pela manhã, depois do pequeno-almoço* [risos].» «*Nhammm, aquilo é mousse de chocolate*», diz um aluno. Outro responde: «*Que horror! Nunca mais como mousse!* [risos]» Falam

de uma festa em que estiveram recentemente e de que a professora Tânia foi lá ter com eles.

A funcionária da câmara chega algum tempo depois, e começa a visita guiada. Começamos pela sala onde estão os equipamentos que controlam a estação – quadros eléctricos, painéis sinópticos... É uma sala pequena, pequena demais para tantos alunos. Arrumamo-nos como podemos. Os mais altos ficam atrás. A pessoa fala muito baixo, de modo que com um ou outro sussurro de um ou outro aluno, pouco conseguimos ouvir do seu discurso. Tentamos ficar mais para trás, para dar oportunidade aos alunos de ouvirem as explicações. Mas alguns, sobretudo os mais altos que nós – quase todos, admita-se – fazem questão que fiquemos à frente deles. Uma aluna sente-se mal com o calor, e prefere aguardar na ante-sala. A pessoa diz ser engenheira e responsável, em conjunto com mais dois colegas da câmara – *‘engenheiros também’* – pelas ETAR do concelho. *«Existem esta – a de X, a mais pequena; a da Y, que é a maior e a da Z. Aqui tratam-se as águas, para que não vão poluir os rios. A água que aqui tratamos serve, nomeadamente, para o recinto desportivo.»*

Apesar de ser bastante expositiva, a guia da visita tem um discurso agradável e, ocasionalmente, estimula o diálogo com os alunos, questionando-os sobre este ou aquele assunto, sondando a sua sensibilidade e conhecimento sobre a matéria. Fala das várias ETAR do concelho, das técnicas que umas e outras utilizam, de métodos de tratamento *que não existem nesta ou naquela estação mas que existem por exemplo nas estações de Lisboa, onde o volume de água a tratar justifica e permite certos métodos de tratamento*. Fala do destino da água tratada – *para regar o jardim da ETAR*, por exemplo [que é de dimensão considerável. A estação tem, apesar dos odores, um aspecto agradável e bem cuidado, nomeadamente muitas flores. A água tratada nesta estação serve ainda para regar o complexo desportivo – de grandes dimensões e vastas áreas relvadas. E ainda o campo de futebol do clube desportivo da zona.

A engenheira pergunta se temos consciência do maior problema com que se deparam, quando se trata de objectos indevidamente encaminhados para o esgoto, provindos do esgoto doméstico. [pessoalmente, sabíamos a resposta, mercê de um familiar próximo trabalhar nesta área, mas preferimos manter-nos na nossa posição tão discreta quanto possível]. Para espanto da maioria, afirma: *«É a parte plástica dos cotonetes. Chega-nos de tudo, mas passa e é retido pelas grelhas. Mas os pauzinhos dos cotonetes é complicado, porque são demasiado finos e passam nos buracos das redes,*

causando prejuízos nas bombas. Por favor, não mandem cotonetes para a sanita! [solicita em tom de apelo encarecido]»

Depois da visita à sala de máquinas, voltamos para a rua, para seguir o trajecto que a água faz desde que entra até que sai da estação. Percorremos vários equipamentos, numa explicação sumária e muito rápida. A engenheira fala de assuntos/processos/fases várias, nomeadamente da questão das lamas prensadas, que depois são recolhidas por uma empresa. Não apurámos o destino final dessas lamas.

A professora Tânia confia-nos com tristeza e algum desagrado: *«Ela está a fazer isto muito rápido. Com os meus outros alunos [EB2,3, no ano lectivo anterior] o senhor falou muito mais, muito mais devagar, e levou-nos a ver tudo [neste caso, em algumas fases do processo, passámos ao lado dos equipamentos e não parámos para ver]; subimos ali [aponta para uma ponte que dá acesso a uns equipamentos], vimos tudo. Estivemos muito mais tempo.»*

A professora Tânia tira imensas fotografias às instalações e ao grupo.

Não é perceptível neste momento o balanço que os alunos fazem da visita.

No caminho de volta, falamos com as duas professoras, e pontualmente falamos com os alunos. A propósito de termos visto uma cobra, iniciou-se uma conversa sobre animais, e sobre como estes répteis, apesar da sua importância para o ecossistema, continuam a ser vítimas da maior parte das pessoas com quem se cruzam. De volta à escola, as professoras confirmam quem faltou à visita (que abarcou o horário das disciplinas das duas professoras).

Ainda vamos à sala de aula, e a Rute pergunta-nos: *«Já acabou a sua tese ou lá o que é? (...) Eu tenho uma dúvida. Tira notas das nossas aulas? [risos] (...) Ah, os seus apontamentos é que devem ser bons! [risos].»*

Anexo E – Visita de estudo a uma exposição de fósseis. Excerto de Diário de Campo

Diário de Campo, 10 de Março

Visita ao complexo cultural da vila, para assistir a uma palestra sobre fósseis e fazer uma visita guiada a uma exposição sobre o tema.

Chegamos à escola, onde combináramos encontrar-nos com a professora Tânia para seguirmos juntas para a exposição. Na sala de professores de ciências estavam prestes a reunir-se os professores de Biologia do 12.º ano – Márcia, Lurdes, Luís e Tânia. Antes de a reunião dos professores de Biologia do 12.º ano ter começado, a coordenadora do grupo de professores de ciências passa pela sala para lembrar: «*Visita ao complexo cultural, 15h, exposição dos fósseis.*» Pensamos que não terá carácter obrigatório, porque do grupo de professores presentes na reunião, só a professora Tânia irá.

Permitem-nos assistir à reunião, convocada para trocarmos ideias sobre o próximo teste de avaliação sumativa da disciplina. Os testes de Biologia do 12.º ano são elaborados pelo conjunto dos professores da disciplina, para criar *critérios de justiça, uniformizando o grau de dificuldade entre as turmas*. Cada professor, no entanto, faz a correcção integral dos testes da sua turma.

Professor Luís: *Estive a ver umas coisas da State University of New York... E dizemos nós mal do nosso ensino...*

[Eles recolhem material de várias fontes, passível de ser trabalhado nas aulas e nos momentos de avaliação, recorrendo sobretudo à pesquisa na internet]

Professora Márcia: *O nosso ensino até é excelente!*

Professor Luís: *Era. Agora está pior. Mas não é mau de todo.*

Os professores partilham os materiais que cada um conseguiu reunir, o trabalho que já fizeram para os testes, debatem ideias, e decidem quem ficará responsável por cada uma das partes de matérias a ser alvo de avaliação no teste que estão a preparar.

Professora Márcia: *Vinte e cinco, vinte e seis perguntas, não mais, porque é o tempo que eles precisam para pensar em assuntos diferentes.*

Professor Luís: *Tenho alunos que não demoram o tempo todo.*

Professora Lurdes: *Pois, eu também tenho alunos que demoram cinco minutos e outros o tempo todo... Mas temos de pensar nos... (...) Não, os que demoram cinco minutos não acertam em tudo. Demoram cinco minutos, fazem e saem.*

Fala-se sobre: ‘Quantas perguntas de cada grupo’, ‘qual a estrutura do teste’, ‘e quem faz o quê’. Concordam em fazer dois testes diferentes *«porque eles [os alunos] são tramados [risos].»* Nem sempre estão de acordo, nomeadamente sobre as matérias que apresentam maior grau de dificuldade para os alunos:

Professora Tânia: *Enzimas é fácil.*

Professor Luís: *É o mais difícil.*

(...)

Professora Márcia: *Fiz uma ficha hoje – que tenho de vos mandar – sobre fermentação, porque eles [alunos] fizeram uma confusão. Fiz ontem à noite para hoje. (...) Os meus alunos têm as minhas fichas, as vossas fichas, e ainda me vêm tirar dúvidas sobre as fichas do fulano tal! Que raiva! [risos].*

Professor Luís: *Eles [alunos] sabem tudo! [risos] Eles vão à ‘net, buscar as questões dos exames!*

Decidem fazer questões a duplicar, para dois testes (para evitar que os alunos que fazem o teste primeiro passem informações sobre o teor das perguntas aos colegas que fazem a seguir – porventura uma das estratégias mais antigas que conhecemos, numa realidade que nós próprios vivemos, e que os professores conhecem bem – porventura também na primeira pessoa).

Discutem sobre como dividir os blocos de matéria sobre os quais cada professor ficará responsável de construir questões para o teste. *«Vamos dividir como?»* Cada professor vai indicando as suas preferências ou aquilo que acha que os colegas podem (e se querem fazer), consoante também o que já tinham reunido e preparado para a reunião, decidindo-se pela seguinte divisão:

«Luís: ‘Enzimas e fermentação’; Tânia: Mutações e engenharia genética; Márcia: Reprodução e hereditariedade; Lurdes: Sistema imunitário.», concordam e resumem em conjunto.

A professora Tânia vai adiantando, baseada num dos materiais já recolhidos: «*Esta questão é interessante, gostavam que vissem, dá para fazer perguntas abertas – é sobre a SIDA.*»

Cada um leva o seu trabalho para fazer, o qual pressupõe disponibilidade de alguns recursos e competências, como acesso à internet, endereço de e-mail, scanner, etc. E agilizam datas para ter os testes prontos a tempo.

Professora Tânia: *Scanner a preto e branco, não menos de 200 de resolução, para nas fotocópias dos testes se ver.*

Professora Márcia: *Então depois a gente junta-se... Quinta ou sexta próximas reunimos com as questões feitas, E segunda coloca-se a fotocopiar. (...) Em dois dias ela [funcionária da reprografia] faz isso.*

Professor Martinho: *Mas eu antes quero imprimir o teste aqui [na sala do grupo de Ciências], para ver como fica.*

Professora Márcia: *Reunimos novamente à 14h? Concordam?* [todos concordam]

Professora Lurdes: *Entretanto vamos mostrando fichas uns aos outros.*

Entretanto o professor Luís comenta com o grupo que uma vez enganou-se numa pergunta – de resposta múltipla, onde em vez de uma, colocou duas respostas incorrectas, sendo que era suposto o aluno assinalar a resposta que estivesse incorrecta. O grupo decide que, nesse caso, devem considerar-se certas quaisquer das duas respostas assinaladas nessas opções.

A reunião termina. Saímos com a professora Tânia, já ligeiramente atrasadas para a visita ao complexo cultural, mas é perto da escola – vamos a pé – e rapidamente lá chegamos. Chegadas ao local, somos informadas à entrada de já está a decorrer uma palestra com os alunos e professores da escola presentes, no piso superior, e convidam-nos amavelmente a subir.

O complexo tem dois pisos – um térreo e outro superior. No rés-do-chão está patente uma exposição (da qual se destacam à primeira vista grandes ossadas, estando a palestra ligadas aos conteúdos expostos) – pela qual passamos rapidamente (tornaremos a vê-la com mais calma após a palestra) enquanto nos dirigimos ao primeiro andar do edifício.

Quando entramos na sala, constatamos que a Paula⁴⁰⁹, a coordenadora do grupo de professores de ciências, outros professores, e alunos já lá estão. Quando nos vêm chegar os alunos, discretamente, mostram satisfação.

Quando a palestra termina, um dos oradores, apercebendo-se de que uma aluna é invisual, aborda-a no sentido de lhe fazer uma visita guiada pela exposição⁴¹⁰. Tratando-se de uma exposição de ossadas – fruto de trabalho arqueológico, onde nalguns casos se conseguiram encontrar e reconstituir ossadas completas de animais, este orador tem o cuidado de perguntar à aluna se pode acompanhá-la numa visita guiada personalizada, e perante a sua concordância, começam a percorrer os espaços da exposição, guiando a mão da aluna pelos ossos «*E que tal sentir este animal? Queres sentir?...*», complementando com uma explicação detalhada à aluna o que ela está a observar através do sentido do tacto. A aluna está fascinada! Cremos que poucos reparam, mas este episódio, confessamos, comove-nos e não conseguimos dele desviar atenção, porquanto consideramos que atitudes há que nos distinguem – como seres humanos e profissionais. A coordenadora do grupo de ciências, tal como nós, apercebe-se da situação e ainda que se esforce não consegue esconder a emoção e a felicidade por este excelente exemplo de educação inclusiva. Por momentos, trocamos olhares emocionados cúmplices, mas sem uma palavra sequer. Às vezes, não é preciso...

⁴⁰⁹ Conhecemo-la também do trabalho de campo do ano lectivo anterior, na escola EB 2,3 do agrupamento, sendo uma das professoras com quem estreitámos laços – pela sua participação no projecto ‘*Ciência com os mais novos*’ e depois também nalgumas ocasiões fora da escola, uma vez que é amiga pessoal da professora Tânia. Este ano mantemos também alguma proximidade de contacto na escola (além dos contactos fora da escola), nomeadamente por a acompanharmos a ela e à professora Tânia numa acção de formação em que ambas se inscreveram, em regime nocturno, na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL). Foi-nos permitido assistir a essas sessões de formação. A professora Tânia conhece bem o professor da FCUL que dá esta formação – sobre o ensino da Geologia – e solicita-lhe permissão para tal. «*Esta é a minha amiga Eugénia. Ela está a fazer um doutoramento sobre ensino da ciência e então é a minha ‘sombra’ desde o ano passado [risos].*» O professor concorda sem hesitação e dá-nos as boas-vindas. A professora Tânia diz-nos tratar-se de um «*procedimento muito comum nesta faculdade. Nos meus tempos de estudante de licenciatura se passava num corredor e via uma aula interessante a decorrer entrava e sentava-me a assistir, sem qualquer constrangimento*». A Tânia está claramente mais entusiasmada com esta acção de formação que a Paula (para a qual foi ‘desafiada’ pela colega Tânia), sobre a qual nos confidencia: «*Fala-se de grandes discussões, mas eu gostava de ver onde é que está a parte prática, que eu possa aplicar nas minhas aulas... Eu vejo-os ali todos [formador e formandos] com grandes discussões... Quanto à parte dos recursos minerais, eu acho que para quem não deu isso no curso... Mas ele [professor responsável pela formação] limitou-se a mostrar um cartaz de distribuição dos minerais... E penso nas minhas aulas, [em] como tenho de corrigir os testes – que tenho de os trazer amanhã – e que estou aqui [na escola] desde as 8h30m [mora ainda um pouco longe da escola, num outro concelho, e embora se desloque de carro ainda demora cerca de uma hora na deslocação escola/casa] e que amanhã entro às 11h30m. [A formação é em Lisboa, em horário pós-laboral, uma vez por semana, às terças-feiras].*»

⁴¹⁰ Tanto quanto nos apercebemos, não é guia da exposição ou sequer funcionário do complexo cultural, mas uma das pessoas responsáveis pela exposição. E toma esta iniciativa de acompanhar a aluna de forma absolutamente espontânea.

Depois de visitar a parte da exposição patente no primeiro andar, descemos para visitar a do rés-do-chão. Aos poucos, os alunos vão descendo e temos a oportunidade de ter uma visita guiada com uma das guias do complexo cultural. O barulho que os alunos que estão a chegar do piso acima produzem, inviabiliza que se oiça correctamente a explicação, mas há sempre alunos interessados em ouvir a guia, e por vezes até trocam impressões com ela.

Vamos saltando de expositor em expositor. Num dos recantos da sala de exposições, está um monitor onde constam informações sobre algumas zonas arqueológicas famosas da região, e três alunas estão muito concentradas e interessadas a ler o texto explicativo, trocando impressões e discutindo pormenores: «*Não, é o contrário! Este é...*» Lêem atentamente o texto para ver qual delas tem razão. Parecem conhecer bem o local pessoalmente, que fica próximo perto da escola. Entretanto, outros alunos lêem os textos que servem de suporte explicativo às ossadas e outros materiais expostos.

No final, a senhora do museu que nos fez a visita guiada despede-se com dois beijos a alguns professores – inicialmente ainda pensámos que já conhecessem, mas constatámos depois tratar-se da sua forma relativamente informal e próxima de saudar os visitantes.

A coordenadora do grupo de ciências pede-lhe que envie fotografias – que a guia entretanto tirara, dizendo: «*Mandem fotos, para colocar no jornal da escola. E vão ter de escrever um artigo.* [dirigindo-se aos alunos, e ao facto de alguns terem estado desatentos e feito barulho] *É o castigo!* [risos]»

Segundo a professora Tânia, «*A Ana [coordenadora do grupo de ciências] faz questão de que a escola venha toda [dá-nos a entender de que todos os alunos da escola, dos três anos – 10.º, 11.º e 12.º anos de escolaridade, irão ter oportunidade de visitar a exposição e assistir à palestra] à exposição também porque um dos oradores é seu amigo pessoal.*» Em todo o caso salienta a relevância dos conteúdos expostos e da palestra. É um evento gratuito.

No final da exposição a professora Tânia diz-nos, a propósito de na exposição termos visto cartazes alusivos a algumas zonas geologicamente interessantes do concelho: «*Gostava de fazer uma visita de fim-de-semana com os meus alunos de Geologia. Tenho de falar com a Isabel [Presidente do Conselho Executivo da escola].*»

Anexo F – Debate sobre engenharia genética promovido pelos alunos. Turma de 12.º ano de Biologia. Excerto de Diário de Campo

No dia 12 de Janeiro – quinta-feira, numa aula em que continuam a estudar as mutações genéticas, a dada altura a professora anuncia: «[Agora] *Vêm um filme, para que na próxima semana façam um debate sobre engenharia genética, com base em argumentos científicos [prós e contra], porque vão ser avaliados por isso.*»

Na aula do dia 19 concluem o estudo da engenharia genética. A professora revisita a matéria e relembra que na sexta-feira seguinte realizar-se-á o debate, por eles preparado e apresentado. No seu discurso de revisão da matéria relaciona sistematicamente os conteúdos científicos do tema com aspectos de interesse para os alunos, cativando a sua atenção (o que se revela de grande utilidade ao bom funcionamento da aula, dado estarem particularmente agitados): são abordadas ideias como a de que a engenharia genética remete para a noção de ADN recombinante ou que os gémeos verdadeiros têm de ser do mesmo sexo; fala-se na série televisiva CSI.

No dia 23 de Janeiro, na primeira metade da aula faz-se a entrega e correcção dos testes de avaliação, e depois os alunos são protagonistas de um debate sobre engenharia genética (EG).

Tenta arranjar-se uma disposição de sala que simule com algum rigor um espaço de debate. De um lado, os alunos que apresentam argumentos pró-EG e do outro lado os alunos que apresentam argumentos anti-EG.

Cada uma das partes expõe o ponto de vista que lhe coube representar. Segue-se depois um espaço de debate. A professora (e nós próprios, por maioria de razão), quase não nos fazemos notar.

Trata-se de um debate aceso, com algumas trocas de palavras de animosidade, sobretudo entre duas alunas de grupos oponentes. Ficamos com a sensação de que a agressividade tem motivos que extravasam a sala de aula, uma vez que começam a fazer acusações mútuas que remetem para comportamentos individuais fora da escola que nada têm a ver com o assunto em discussão, e que, portanto, o debate serve, agora, de pretexto para se agredirem. Entretanto, alguns rapazes incentivam a discussão entre as duas colegas. A professora intervém no sentido de acalmar as alunas e de redireccionar a conversa para o debate.

Retomado o tema do debate centrado nas questões da engenharia genética, das suas vantagens e desvantagens, e dos aspectos éticos, económicos e sociais que levanta, sobressai da conversa entre os alunos alguma preocupação e respeito pela natureza, embora alguns pareçam relativamente indiferentes aos problemas ambientais de que o planeta padece. Muitos não manifestam interesse em fazer ‘sacrifícios’ pessoais, nomeadamente em termos de alterações de consumo ou de comportamentos, no sentido de inverter algumas tendências actuais de destruição das condições de vida na terra e da extinção das espécies – incluindo a humana. Fica patente a ideia de que, ainda que não se revelem totalmente insensíveis ‘aos problemas do mundo’, tendencialmente, ‘farão algo ao seu alcance para inverter a situação desde que isso não implique mudanças substanciais nas suas próprias vidas’.

No final, a professora comenta que o debate teve momentos de tensão, porque *as alunas tinham alguma questão por resolver*, mas desvaloriza a situação, até porque depois de recentrado o tema, focaram-se aspectos que lhe parecem importantes. «*Isto são arrufos. E depois aqueles dois patetas... Os rapazes nestas coisas são tão infantis... Estavam ali a ‘picá-las’... Porque elas até são amigas.*» Fica feliz por terem focado aspectos relacionados com algumas das questões mais prementes que se colocam ao planeta e ao homem. Fica também satisfeita com a parte científica com quem cada grupo sustentou a sua argumentação. Lamenta, no entanto, que «*a questão ambiental ainda lhes passe ao lado. Se não alterar o seu estilo de vida, tudo bem. Mas sacrifícios... Maioritariamente esta geração não parece ser uma geração disposta a fazer sacrifícios, mas esquecem-se que eles é que cá ficam... Eu tento ter sempre uma atitude pedagógica. Fazer-lhes ter consciência...*»

Anexo G – Aula dada por alunos. Turma de 12.º ano de Biologia. Excerto de Diário de Campo

Diário de Campo, 8 de Maio

Com esta aula, iniciam-se as aulas dadas pelos alunos. O tema da primeira aula é ‘*Recursos: renováveis, não renováveis e perpétuos*’. O aluno porta-voz do grupo está muito nervoso. Vai fazendo a sua apresentação e, intervaladamente, perguntas aos colegas – numa lógica do que vê na professora (julgamos...). Transcrevemos alguns dos aspectos que menciona na sua apresentação:

Recursos: renováveis, não renováveis e perpétuos

Diferença entre renováveis e perpétuos: os primeiros têm reposição rápida e os segundos renovam-se.

Recursos renováveis: reposição rápida – rendimento sustentável (exemplo: água potável). Naturalmente com uma resposta limitada.

Recursos perpétuos: renovam-se infinitamente (Marés, Vento, Sol)

Recursos não renováveis: (...) Exemplo: Petróleo, carvão. Na nossa escala temporal a natureza não consegue repor o que retirámos.

A professora faz algumas intervenções pontuais e, numa dessas intervenções, em que coloca questões ou dá achegas ao que o aluno está a apresentar, pergunta à turma se sabem qual a *única* forma de repor a água potável. Os alunos desconhecem. A professora diz-lhes que é através do vulcanismo, do vapor de água retido nas rochas. Acrescenta também que a terra está a regredir em termos vulcânicos. E que um recurso ser renovável depende da relação de sustentabilidade que se mantém com ele. A ‘depleção’ é atingir o limite de exploração de um determinado recurso. Depleção económica: custo da exploração economicamente não viável. Extracção de substância que não é compensatória economicamente. E ainda que ‘*A vida obriga a ter, pelo menos, oxigénio, hidrogénio, carbono e azoto*’. [...] Fala-se da cadeia alimentar e do exemplo da presença de DDT⁴¹¹ na cadeia alimentar, e do efeito exponencial do consumo de produtos alimentares contaminados.

⁴¹¹ O DDT – sigla de diclorodifeniltricloroetano – é considerado o primeiro pesticida moderno. Trata-se de um insecticida barato e altamente eficaz a curto prazo, mas com efeitos prejudiciais à saúde humana. Começou a ser utilizado em larga escala a seguir à Segunda Guerra Mundial no combate a pragas (tendo ajudado a banir doenças como a malária e um contributo importante para a erradicação desta doença no nosso país). A sua utilização é, no entanto, proibida desde a década de 1970 e o seu uso é controlado pela

«Trata-se de bioampliação. Metam isso algures na vossa cabeça. Acumulação de tóxicos. [diz a professora, enquanto acrescenta algumas explicações científicas sobre o que os alunos estão a apresentar] *Os tóxicos interagem com outros elementos, o que aumenta exponencialmente os níveis de toxicidade. A substância em si e também as suas interações com outros elementos. (...) Exemplo: CFC's – Cloro (sinergismo) libertados na atmosfera não é o pior. O pior é eles irem interagir com o Azoto, causando a depleção da camada do Ozono. (...) O método científico. Método de controlo: um grupo afectado e um grupo não afectado, para ver o impacto. (...) Eu já não uso acetatos [desde que soube da sua toxicidade e do seu impacto ambiental] [Fala-se de doenças crónicas que surgem com frequência crescente] A Eugénia tem uma doença crónica. Sofre de alergias. E as alergias são uma consequência... (...) Não podemos pensar só nos elementos químicos artificiais, produzidos pelo homem. Temos o efeito de estufa, o gás do efeito de estufa... O Metano⁴¹². A seguir ao CO₂ é a substância mais importante. (...) Dou-vos outro exemplo: mar, aquecimento da água, concentração desse metano, naturalmente existente no fundo do mar. O Enxofre também é um gás do efeito de estufa. (...) Formas de lidar com a poluição: prevenir (3R – Reduzir, Reciclar, Reutilizar) e limpar.»*

Quando se fala sobre a escassez de água potável e dos problemas que a esse nível se prevêem num futuro próximo e, portanto, se equaciona a sobrevivência da espécie humana – há na sala quem indique que por volta do ano 2070 a água potável seja um bem raro – alguns alunos não demonstram preocupação. «*Em 2070 já não estou cá!*» Falam sobre os seus hábitos de consumo de água, e a Rute afirma peremptória: «*Em casa desligo a água enquanto ponho champô porque ela é paga, mas no parque de campismo, quando estou a tomar banho, a água está sempre a correr.*»

Convenção de Estocolmo (sobre 'poluentes orgânicos persistentes'). Para mais detalhes, v. por exemplo: Agência Portuguesa do Ambiente: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=296&sub2ref=297> [consultada em 25/09/2014].

Dado ser facilmente transportado pelo ar e pela chuva, o DDT tem sido responsável pela contaminação de lagos, passando para a cadeia alimentar, pois os animais aquáticos são contaminados por ele e depois ingeridos pelos seus predadores, causando mortalidade mais elevada nos predadores naturais das pragas que se procuram combater e questionando os seus benefícios a longo prazo (pois sem predadores naturais as pragas tendem a proliferar). Além disso, a resistência de algumas das pragas a este insecticida têm levantado dúvidas sobre a sua eficácia, a par dos efeitos nefastos na saúde humana, nomeadamente por esta se encontrar no topo da cadeia alimentar – estando associado ao desenvolvimento de alguns tipos de cancro.

⁴¹² Também conhecido como gás natural ou gás dos pântanos.

O grupo que está a apresentar a aula alerta para o papel do Ministério [do Ambiente] na sensibilização para estas questões e, no final da apresentação, lança um desafio à turma, dizendo:

«Deixo-vos a ler e a pensar sobre isso. [pede aos colegas que leiam uma frase do manual da disciplina, que transcrevemos de seguida):

Independentemente da sua fonte, a poluição não conhece fronteiras políticas e provoca efeitos indesejáveis na qualidade de vida dos seres humanos. Esses efeitos podem ser locais ou globais, graduais ou imediatos e neles se incluem diversos riscos para a saúde e degradação ambiental generalizada.» (Matias e Martins, 2005: 302)

A professora conclui, dirigindo-se à turma [onde não inclui os alunos que fizeram a apresentação]: *«Na sexta-feira, que me tragam fichas sobre este assunto.»* Os alunos protestam. Mas a professora não cede.