

# INTEGRAÇÃO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA

## Fundamentos e Propostas

Fátima Paixão<sup>1</sup>

### PREÂMBULO

Neste documento apresenta-se o Sumário Pormenorizado da Lição **Integração da História da Ciência na Educação em Ciência – Fundamentos e Propostas**, de acordo com o estabelecido na alínea c) do nº5 do Decreto-Lei nº 239/2007 de 19 de Junho, constituindo-se como requisito parcial para a obtenção do Título de Agregada em Didática e Formação pela Universidade de Aveiro.

A escolha do tema recaiu em aspetos integrantes da unidade curricular *Fundamentos de Filosofia e História da Ciência para Educação em Ciência* que se apresenta no Relatório igualmente submetido a estas Provas de Agregação.

A Lição enquadra-se, mais apropriadamente, na fase final do desenvolvimento da unidade curricular, quando os estudantes já estejam familiarizados com algumas correntes e problemáticas da filosofia da ciência que contribuíram para a formação e desenvolvimento do pensamento atual sobre a ciência e o conhecimento científico nas suas relações com a sociedade; também oferece vantagem aos estudantes terem já contactado com o estudo de algumas temáticas estruturantes do conhecimento científico, reportadas ao “tempo da descoberta”, que a história da ciência proporciona, ou seja, tendo adquirido conhecimentos

---

<sup>1</sup> Maria de Fátima Carmona Simões Paixão  
Agregação em Didática e Formação  
Universidade de Aveiro, dezembro 2011

sobre a história da construção de algumas das teorias fundamentais do empreendimento científico.

Contudo, a forma como organizamos a Lição torna possível, ao revés, a sua apresentação como sensibilização a um estudo mais aprofundado da fundamentação filosófica e histórica da educação em ciência.

## 1. INTRODUÇÃO

A ciência é, na atualidade, uma forma de cultura de grande influência na sociedade que, por sua vez, é profundamente influenciada por esta. O ideal da sociedade democrática não prescinde, assim, de cidadãos cientificamente cultos e é à escola que cabe uma significativa quota-parte de responsabilização na sua formação<sup>2</sup>.

Muitos investigadores têm analisado as tendências inovadoras nas orientações para a educação em ciência, no sentido de alterar a deformada imagem pública sobre a ciência e sobre o trabalho científico, responsáveis, em grande medida, por atitudes negativas para com a ciência e a sua aprendizagem. Tem crescido a convicção de que as orientações atuais da filosofia e história da ciência apontam propostas didáticas de elevado valor formativo.

Deste modo, iniciamos esta lição referindo-nos ao desenvolvimento da ciência e tecnologia e suas inequívocas interrelações com a sociedade, convergindo para a evidência do valor da educação científica para a formação dos cidadãos do tempo atual, ou seja, associando-a à noção de literacia científica e à conseqüente imprescindibilidade da compreensão, tanto do conteúdo como da natureza da ciência e da sua interdependência com valores culturais, sociais, políticos... entre outros, ou seja, aspetos contextuais.

Evidenciamos motivos, como síntese da reflexão de diversos autores, que fundamentam a consideração da filosofia e história da ciência como contributo relevante e importante da educação em ciências para a literacia científica dos cidadãos.

---

2 É por esse motivo que organizações internacionais, como a OCDE, se preocupam, crescentemente, com o nível de desempenho demonstrado pelos alunos dos seus países membros ao nível da literacia científica, a par da língua materna e da matemática, e que os países lhe atribuem relevante significado para a definição de políticas educativas. Recentemente, surgiram à luz os resultados do último teste PISA passado em 2009 e, dado que os resultados de Portugal, embora permanecendo abaixo da média, subiram seis lugares no ranking dos 36 países participantes, a divulgação desses resultados ganhou estatuto de comunicação pública por parte do próprio Primeiro-ministro.

Por fim, considerando a evolução da historiografia em consonância com a filosofia da ciência, debruçamo-nos sobre estratégias, atividades e recursos para a integração da história da ciência na educação em ciência. Na apresentação da Lição são explorados alguns exemplos.

## **2. FINALIDADES E OBJETIVOS**

Tomamos como Finalidades da Lição:

- (i) Proporcionar uma reflexão sobre a ciência, o conhecimento científico e as suas multifacetadas inter-relações, com base na filosofia e história da ciência, fundamentadora da educação em ciências;
- (ii) Evidenciar o valor da história da ciência como contributo para o desenvolvimento da literacia científica dos cidadãos.

São Objetivos da Lição, os seguintes:

1. Assumir a ciência como uma forma de cultura da sociedade atual.
2. Clarificar a perspetiva da educação para a literacia científica alicerçada nas exigências da educação para a cidadania, nas sociedades atuais.
3. Relevar as estreitas relações da filosofia e da história da ciência com o conhecimento de ciência e sobre ciência.
4. Explicitar a relevância da história da ciência na educação em ciências
5. Evidenciar recursos, atividades e estratégias para integração da história da ciência na educação em ciências.

## **3. ESTRUTURAÇÃO DO CONTEÚDO**

### **3.1. EDUCAÇÃO CIENTÍFICA PARA A FORMAÇÃO DE CIDADÃOS**

Praticamente a fechar o século XX, a UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) e o ICSU (Conselho Internacional das Uniões Científicas) convocaram duas conferências nas quais se analisaram a situação e as repercussões sociais da ciência e da tecnologia e quais as expectativas que assistem à sociedade relativamente a essas repercussões. Foram elas, ambas em 1999, a “Conferência Mundial sobre Ciência”, em Santo Domingo, e “A Ciência para o Século XXI: Um Novo Compromisso”, em Budapeste.

A Declaração saída de Budapeste demonstrou uma sensibilidade considerável quanto à dimensão ética da ciência e da tecnologia, ao relatar que a ciência deve ser entendida como um bem comum da humanidade e as suas aplicações devem servir propósitos humanitários. Enfatiza-se, ainda, que ter acesso contínuo à educação, desde a infância, é um direito, e que a educação científica é essencial ao desenvolvimento humano. Ou seja, as grandes descobertas da ciência e tecnologia são imparáveis e mudam vertiginosamente a realidade social e ambiental<sup>3</sup> e, portanto, o próprio estilo de vida das pessoas, para o bem e para o mal, mas as pessoas devem ter o direito e o dever de se implicarem nas grandes decisões que envolvam opções de natureza científica e técnica.

Analisando princípios saídos da conferência “A Ciência para o Século XXI: um novo compromisso”<sup>4</sup>, Martins (2006, 17) comenta a respeito do princípio de que “A Ciência está na sociedade e é para a sociedade” que é evidente que este apela a todos, cientistas e não cientistas, para a consciência da função social do conhecimento científico pela importância que ele assume nas situações de decisão sobre problemas de natureza tecnocientífica determinantes para um bem-estar e um progresso comprometidos com a paz e o desenvolvimento globais.

Ainda de acordo com as conclusões das Conferências de fim de século, as comunidades científicas, elas próprias, devem: - Contribuir, especialmente no que tange aos problemas da sua área específica, para a apresentação de alternativas que capacitem os cidadãos a receberem informação e a expressarem as suas opiniões; - Levar em conta a opinião da sociedade civil e estabelecer com ela um diálogo franco; e - Combater a entronização de tecnocracias apoiadas por conhecimentos (falsos ou verdadeiros) de ciência e tecnologia (UNESCO-ABIPTI, 2003, 11).

Os apelos atrás aludidos recolocam a necessidade de questionar a relevância da ciência escolar. A ciência elitista, aquela que, supostamente, se destinaria a preparar para o prosseguimento de estudos no ensino superior e a preparar os profissionais técnico-científicos e que se identifica com aprender conteúdos e processos (aparentemente) neutros e tomando a ciência como se esta fosse um

---

3 Recorde-se, por exemplo, que no dia 5 de Outubro de 2010 ocorreu na Hungria um desastre ecológico sem precedentes nesse país, com o derrame de enormes quantidades de lama tóxica de uma fábrica de alumínio em Ajka. Ecossistemas, incluindo rios e aldeias inteiras, num raio de cerca de 50km<sup>2</sup>, foram arrasados e não se calcula quando poderão ser recuperados. A lama vermelha é um resíduo que contém chumbo além de outras substâncias tóxicas e corrosivas. Tratou-se de suposta negligência na utilização da ciência e tecnologia, por se ter deixado encher os diques acima do seu nível de segurança.

4 Princípios da Declaração: - A Ciência é para o saber e o saber é para o progresso; - A Ciência é para a paz; - A Ciência é para o desenvolvimento global; - A Ciência está na sociedade e é para a sociedade; - A Ciência é para a saúde.

saber desligado da sociedade, não se coadunaria com os largamente identificados e realçados saberes e necessária postura daqueles profissionais. E dirigir-se-ia, afinal, a uma pequena percentagem de alunos, pois a maioria que se encontra no ensino básico não segue carreiras técnico-científicas e nem sequer escolhe áreas científicas no ensino secundário.

Tendo em conta as indicações das organizações internacionais comprometidas com o desenvolvimento global, torna-se, então, indispensável refletir sobre a relevância da ciência escolar e clarificar as suas finalidades. Acevedo-Díaz (2004) adaptou a classificação de Aikenhead (2003), sistematizando-a. Por exemplo, uma resposta alternativa à visão estritamente propedêutica conduziria a considerar e a promover uma ciência escolar mais válida e útil para todas as pessoas que, como cidadãos responsáveis, terão que tomar decisões em relação a muitas questões da vida real relacionadas com ciência e tecnologia. Embora possam existir diferentes pontos de vista, alguns deles remetem para a ideia associada a “educação” em ciência e tecnologia para todos os cidadãos, neles incluídos aqueles que seguem carreiras técnico-científicas. De facto, os desafios educativos que o futuro aponta e a necessidade de estender a educação científica a todos os alunos impõem diferentes finalidades, que não são disjuntas: - propedêuticas (conhecimentos para prosseguir estudos científicos); - de carácter útil e prático (conhecimentos da ciência que podem fazer falta para a vida do dia a dia); - democráticas (conhecimentos e capacidades necessários para participar como cidadãos responsáveis na tomada de decisões sobre assuntos públicos e polémicos relacionados com ciência e tecnologia); - de desenvolver capacidades gerais do mundo do trabalho (trabalho em equipa, iniciativa, criatividade, competências comunicativas...); - culturais (inserção dos cidadãos no quadro cultural do tempo, que é marcado pela vertente científica e tecnológica, ou seja, a ciência como uma componente estruturante da cultura contemporânea e que está imbricada em todas as formas e meios de expressão cultural).

### *A literacia científica*

De facto, as realidades sociais e educacionais dos nossos tempos têm levado muitos educadores de ciência a repensar as finalidades da educação científica e a propor uma cultura renovada para a ciência escolar (Acevedo-Díaz, 2004; Aikenhead, 2009; Cachapuz, Praia & Jorge, 2002; Gil-Pérez, 1992; Hodson, 2008; 2009; Hurd, 1998; Martins, 2003; 2006; Millar, 1996; 2000; Millar & Osborne, 1998; Paixão, 1998; ...). Para estes investigadores em educação em ciência, os estudantes são cidadãos cuja literacia (em geral, e científica em

particular) deve ser suficientemente informada para lidar com questões pessoais ou sociais relacionadas, entre outras vertentes, com a ciência e a tecnologia.

Um público informado precisa de uma consciência crítica, baseada em concepções e ações fundamentadas, racionais e justificadas. Tal capacitação permite que todos os cidadãos, excetuando uma pequeníssima minoria com graves problemas de desenvolvimento cognitivo, lidem com os desafios científicos e tecnológicos com que certamente se depararão numa sociedade caracterizada pela mudança. A ignorância ou o medo da ciência e da tecnologia podem escravizar um cidadão em pleno século XXI. Os tecnocientificamente incultos são particularmente vulneráveis e estranhos na sua própria sociedade. Ao contrário, um público cientificamente literato compreende como é que a ciência e a tecnologia funcionam e se inter-relacionam com a vida social (Aikenhead, 2009, 20).

A concepção de literacia científica de Hurd (1988; *in* Aikenhead, 2009, 21) sublinha a ideia de que “enquanto objectivo de ensino, a literacia científica e tecnológica traduz-se na capacidade do estudante de interpretar os feitos e as deficiências dos empreendimentos científicos e tecnológicos em termos das forças humanas e sociais que os geram e sustentam”. Por outro lado, “os estudantes que são iliteratos no que toca à interação da ciência, tecnologia e sociedade estão condenados a viver isolados da cultura que os rodeia e não conseguem viver plenamente”.

Nas palavras de Matthews (1994a, 32-33), enfatiza-se que a literacia científica envolve elementos técnicos, sociais e culturais e implica a utilização do conhecimento e de processos científicos na vida do dia-a-dia, como sejam:

- (i) Compreender conceitos fundamentais, leis, princípios e factos das ciências básicas;
- (ii) Apreciar a variedade de metodologias científicas, atitudes e disposições e usá-las de forma apropriada;
- (iii) Ligar a teoria científica à vida quotidiana e reconhecer processos físicos, químicos e biológicos no mundo à sua volta;
- (iv) Reconhecer a variedade de modos em que a ciência e a tecnologia interatuam com a economia, a política e a cultura, na sociedade;
- (v) Compreender partes da história da ciência e os modos nos quais ela foi formada e, por seu lado, os modos como foi moldada por forças culturais, morais e religiosas.

Como também reforça o *National Research Council*, um aspeto essencial da literacia científica é alcançar um elevado conhecimento e compreensão das matérias científicas, ou seja, conhecimento específico associado com as ciências

físicas, da vida e da Terra, mas igualmente, “scientific literacy also includes understanding of the nature of science, the scientific enterprise, and the role of science in society and personal life” (NRC, 1996, 21).

Também, em 2007, outro importante Relatório publicado pelo *National Research Council* (Duschl *et al.*, 2007, 334) sobre as direções futuras para a educação em ciência colocava, claramente, a tônica na direção que considera a educação em ciência na perspectiva de literacia científica, ou seja, muito para além da tradicional ênfase na aquisição de conteúdos e na compreensão do “método científico” (em sentido estrito). Nesse Relatório, o posicionamento é que os estudantes que compreendem ciência: (i) conhecem, usam e interpretam explicações do mundo natural; (ii) geram e avaliam evidências e explicações científicas; (iii) compreendem a natureza e o desenvolvimento do conhecimento científico; (iv) participam de modo produtivo em práticas e discursos científicos. Do mesmo modo, para Kim e Irving (2010), a literacia científica implica uma compreensão tanto do conteúdo da ciência como da natureza da ciência. Contudo, a ciência escolar ainda tende a ignorar a natureza da ciência e a centrar-se apenas no conteúdo (Clough, 2006 in Clough, 2010).

O que foi dito enfatiza a importância da educação em ciência e tecnologia numa perspectiva multifacetada e a sua democratização entre a sociedade em geral, entendendo que esta é composta por cientistas e não cientistas. Aliás, outro entendimento não faria sentido. E, assim sendo, o objetivo principal da escola e propósito último dessa educação em ciência é, necessariamente, o de educar os jovens para se sentirem à vontade na cultura do seu próprio tempo e projetar-se para o futuro, atingindo os mais elevados níveis de literacia científica possíveis.

### 3.2. PARA UMA IMAGEM (ATUAL) DA CIÊNCIA

Das reflexões anteriores sobre o desenvolvimento da ciência e tecnologia e seu impacto na sociedade e sobre as finalidades da educação em ciência ressalta que se torna imprescindível dar relevo à compreensão da natureza da ciência que permita a construção e organização de uma imagem da ciência adequada à compreensão do seu papel na sociedade (ou seja, tal como a encaramos com vista à literacia científica dos cidadãos) para fundamentar o ensino. Tratando-se, a natureza da ciência, de um conceito dinâmico, evolutivo e ilusivo (escorregadio!), que se constitui, fundamentalmente, a partir da análise histórica e filosófica da ciência, importa evidenciar as principais perspectivas/tendências filosóficas fundamentadoras que contribuíram para o estabelecimento dessa imagem da ciência, atualmente com um elevado nível de consensualidade, particularmente entre os educadores de ciência.

Pelo relevo que a ciência alcançou na sociedade, passou a dar-se-lhe uma atenção especial na tentativa da determinação das características próprias do que é específico da cientificidade. Esta análise emergiu da reflexão filosófica em torno da oposição entre os que concebiam a metodologia científica como processo indutivo e procuravam reduzir as entidades teóricas a funções observáveis (Mill, Mach e Hempel) e aqueles que sustentavam que a elaboração de teorias não é explicável a partir da indução, não se podendo reduzir os conceitos teóricos à sua base observacional ou à sua estrutura lógica (Whewell, com o seu método histórico-crítico).

A intensa reflexão filosófica sobre o campo da ciência foi dando atenção a aspetos concretos<sup>5</sup> cujo modo de os entender permite conceptualizar perspectivas que caracterizam tendências a que associamos pensadores, filósofos da ciência.

As diferentes abordagens às questões centrais permitem identificar quatro tendências principais que, não se podendo, rigorosamente, delimitar no tempo ou, sequer, tomar, qualquer delas, como definitivamente ultrapassada, podem, contudo, considerar-se como sucessivas, dado que vão incluindo uma boa dose de crítica às anteriores. Numa análise de Vázquez *et al.* (s/d), estes autores consideram o positivismo (lógico) como o primeiro paradigma sobre a natureza da ciência a consolidar-se e os restantes (realismo, relativismo, instrumentalismo/ pragmatismo) como consequências de diferentes críticas ao positivismo e consideram, ao mesmo tempo, o realismo e o instrumentalismo/ pragmatismo como posições intermédias entre o positivismo e o relativismo.

Na nossa análise, consideramos a classificação das tendências da filosofia da ciência em quatro perspectivas: (i) Positivismo (como um conjunto coerente que tendo-se iniciado com o empirismo, o indutivismo e o positivismo clássico evolui para o ideal da ciência unificada do positivismo lógico); (ii) Racionalismo e Realismos (que integram perspectivas racionalistas de crítica ao indutivismo e posicionamentos de transição para a nova filosofia da ciência); (iii) Relativismo (perspetivas externalistas de oposição cerrada ao racionalismo e realismo); (iv) Pragmatismo (pós kuhniano) ou Instrumentalismo (a ciência encarada como atividade científica e despreocupada com a demarcação entre ciência e não ciência).

### ***Positivismo***

Recuperando e reorganizando o pensamento empirista e indutivista que remonta a Bacon (séc. XVII), é no final do século XIX que se procura explicitar

---

5 Como a conceptualização das teorias, a incomensurabilidade, as anomalias, as controvérsias, as condições que causam a alteração de teorias e o progresso científico, o próprio progresso científico, os métodos e critérios de validação do conhecimento (a racionalidade), o valor do erro, o conceito de verdade, os interesses determinantes da produção científica...

o segredo do progresso científico e “legislar” sobre o seu valor e objetivos. Neste sentido, o positivismo de August Comte definiu a doutrina. Torna-se incontestável que não há conhecimentos reais para lá dos que se baseiam em factos observados. “O traço fundamental da filosofia positiva é considerar todos os fenómenos como sujeitos a leis naturais invariáveis, sendo o fim último de todos os nossos esforços a sua descoberta precisa e a sua redução ao menor número”. Nas palavras de Bastide (1984), o positivismo é “francamente desconcertante pela sua segurança, pelo seu gosto pela precisão numérica, as suas exclusões e as suas ilusões estratégicas”.

A primeira instituição propriamente dedicada à emergente disciplina de filosofia da ciência foi a cátedra que Schlick ocupou em 1922 na Universidade de Viena, rodeado por um influente grupo de reflexão. Na renovação do positivismo, o grupo centrou-se na aplicação da estrutura da lógica às ciências com conteúdo empírico e, por esse motivo, se especificou o seu posicionamento como empirismo lógico ou empirismo científico. Em 1929, Hahn, Neurath e Carnap publicaram um (o) *Manifesto* e passaram a denominar-se Círculo de Viena. Opondo-se à metafísica, pretendiam a redução de todos os enunciados científicos a uma linguagem fisicalista, estritamente empirista, como meio de conduzir à unificação de todas as ciências. Centraram-se no verificacionismo, exigindo que os enunciados científicos fossem comprovados na realidade e por observação.

Mesmo após a dispersão do Círculo de Viena, o seu programa continuou a desenvolver-se passando a ser a tradição dominante até à década de 50, ou mesmo até ao final do século XX, e todos os avanços na filosofia da ciência foram tendo lugar na tradição do empirismo, do verificacionismo e do indutivismo, sendo que a maioria dos filósofos da ciência estavam de acordo com os postulados básicos.

A emigração filosófica europeia de Carnap e Hempel levou para os Estados Unidos o empirismo lógico com a sua ideologia associada ao cientismo e à tecnocracia. A insistência em questões analíticas e do método, deixando as questões substantivas para os respetivos especialistas, assim como a insistência numa linguagem formal, tenderia a afastar do tratamento filosófico as questões da ciência real e das suas múltiplas relações, nomeadamente, com a ética e a política, pelo que tal filosofia era passível de se poder adequar a uma sociedade presidida por uma racionalidade ligada a interesses particulares e não ao conjunto da cidadania.

Pouco a pouco, foram surgindo críticas e o debate foi-se agudizando.

### ***Racionalismo e Realismo***

Popper foi um dos primeiros críticos da conceção analítica do empirismo lógico, juntamente com Quine, Putnam e Toulmin, entre outros, que discu-

tiram o problema da oposição entre o observacional e o teórico e as regras de correspondência entre a ciência e o mundo.

Em particular, no que diz respeito a Popper, a principal novidade que introduziu refere-se à importância atribuída às teorias. Para Popper (1987), “as ciências empíricas são sistemas de teorias” e a filosofia da ciência é uma disciplina metateórica que reflete essas teorias científicas. A metáfora “as teorias são redes que lançamos para apanhar aquilo a que chamamos mundo: para o racionalizar, explicá-lo e dominá-lo. E tentamos que a malha seja cada vez mais apertada”, traduz bem a sua tese das conjecturas para conhecer o mundo. Na sua perspectiva, a avaliação de uma teoria faz-se introduzindo o critério de falsificação por meio da experiência. E àquelas que se tornam juízes falsificadores de uma teoria em favor de outra que resiste por mais tempo, chamou-lhes “experiências cruciais”.

Para Popper, como para os seus seguidores, a verdade continua a ser o objetivo da ciência e só se aprende e se aumenta o conhecimento por meio da crítica racional. Considerou-se, a si próprio, como um pensador realista (realismo crítico), evidenciado na sua ideia de que podemos apresentar razões para conjecturar que uma teoria seja verdadeira, mesmo que seja para proceder à sua eventual falsificação.

Como referem Vázquez *et al.* (s/d), as principais críticas ao realismo popperiano centram-se na aceitação da correspondência entre ideias e mundo, na distinção artificial entre o teórico e o observacional (dualismo muito criticado pelos relativistas) e na falta de consideração dos interesses pessoais e sociais imbricados na atividade científica.

Os programas de investigação científica (PIC) de Lakatos (1970), que mantêm o objetivismo popperiano de um ponto de vista historicista, serviram para avançar na resolução de algumas importantes objeções ao realismo, como a rigidez do falsificacionismo, estendendo pontes entre este e o pragmatismo. A proposta realista de Lakatos é que se deveria considerar o empreendimento científico como uma luta entre teorias rivais, em que o mundo atua como árbitro. É sua opinião que a valorização dos méritos relativos de teorias competitivas deveria manter-se até que os respetivos defensores de uma e de outra tivessem tido tempo de explorar modificações que as pudessem colocar em melhores condições de superar essas anomalias. Tal aspeto conduziu-o a sugerir que a unidade de apreciação não deveria ser uma teoria isolada mas uma sequência de teorias, cada uma resultante da modificação da precedente. Para ele, a comunidade científica acredita na verdade do núcleo central do PIC que é reforçada enquanto este mantém a capacidade de predizer factos novos com êxito.

Nos últimos trinta anos a partir do racionalismo associado ao realismo crítico de Popper, que sustenta o conceito de verdade como correspondência, desenvolveram-se diferentes perspectivas realistas como, por exemplo, o realismo

transformativo de Hacking (1983) ou o realismo construtivista (não radical) de Giere (1988), que preferem explicar a relação entre as teorias científicas e o mundo sem necessidade de recorrer ao conceito de verdade ou de falsidade como algo essencial, considerando que também se pode ser realista sobre entidades e objetos sem se ser sobre as teorias.

No que diz respeito ao realismo (transformativo) de Hacking, este apresenta uma faceta intervencionista da ciência atual (tecnociência) na transformação do mundo, ou seja, tem que ver mais com as intervenções da ciência no mundo (a prática tecnocientífica e os seus efeitos transformadores) do que com as representações do mundo. Para Hacking (1983), como já antes para Hanson (1977), a observação e a experimentação científicas estão carregadas de “prática competente”. Ou seja, o essencial já não é a verdade científica mas a capacidade inovadora da tecnociência (Echeverría, 1999).

Por outro lado, o realismo construtivista de Giere (1988), a que mais tarde chamou realismo perspetivo, é um realismo mais moderado que em vez de atribuir aos cientistas a construção de entidades teóricas, lhes atribui contingência e negociação. Para ele, quando uma teoria é aceite é porque a maioria dos elementos que a compõem representam aspetos do mundo. Neste realismo, o mundo possui uma estrutura global definida que considera complexa para ser totalmente abarcada em qualquer representação que se possa criar ou compreender e concorda que as representações são construções humanas resultantes tanto da experiência individual como social. Considera, também, que os modelos são construções humanas, sendo que alguns se ajustam melhor ao mundo que outros (Giere, 1992).

### *Relativismo*

A imagem estática das teorias científicas começou a ser colocada em dúvida por uma tendência nascente que tomava em consideração o seu processo de constituição e desenvolvimento, atendendo às discontinuidades que este aspeto poderia implicar nas suas estruturas lógicas. Toulmin (1977) insistia na dinâmica das teorias científicas e na importância da história da ciência e da relevância do contexto da descoberta para a compreensão/reflexão sobre a ciência. Hanson (1977) referia-se à carga teórica inerente a qualquer protocolo de observação e considerava que todo o conhecimento científico era teórico, ou seja, precedido pela teoria; também o princípio da indução perde a sua validade, aspeto já relevado por Popper (1990). São estes posicionamentos que, reforçando as críticas ao empirismo, abrem caminho ao relativismo.

A crise instalou-se com a publicação, em 1962, da obra *The Structure of Scientific Revolutions*, de Kuhn, que revolucionou profundamente a reflexão filosófica. As propostas são principalmente contra a concepção cumulativista do progresso científico e em defesa da existência de paradigmas e de revoluções científicas. Nesta visão, a ciência não se desenvolve mediante a acumulação de descobertas e inventos individuais, mas por uma ação coletiva conduzida pelas comunidades científicas com base em crenças, metodologias, conceitos e valores partilhados, a cujo conjunto se chama paradigma. As revoluções científicas implicam paradigmas rivais e comunidades científicas em oposição. A experiência não vale como juiz nessas controvérsias porque os defensores de paradigmas opostos podem chegar a ter diferentes percepções do mundo.

Kuhn cortou com os pressupostos da filosofia da ciência vigente, tornando irrelevantes as normas metodológicas universais e pondo em questão a existência de uma racionalidade geral acima dos compromissos tácitos das comunidades científicas. Mas nunca houve uma crítica tão cerrada à racionalidade e ao método científico como a que Feyerabend desenvolveu nas suas obras (Newton-Smith, 1987, 141). “Uma sociedade livre é aquela em que todas as tradições gozam de direitos iguais, independentemente do que delas possam pensar as outras tradições” (Feyerabend, 1991 a, 32). Feyerabend duvida que a conquista do saber aconteça de modo ordenado e linear e sustenta que este não tem significado a não ser no contexto. A sua célebre posição do “tudo vale”, que identifica o anarquismo ou relativismo radical, é, nas suas palavras “tudo o que é susceptível de fazer progredir o conhecimento na perspectiva de um investigador privado ou de uma tradição de investigação” (Feyerabend, 1991 b, 49). Contudo, na sua fase final regressou do anarquismo para posições relativistas mais moderadas.

O relativismo considera a ciência como uma atividade social e humana, “mais uma via entre as empreendidas pela humanidade para obter conhecimento sobre o mundo” (Vázquez Alonso *et al.*, s/d), ou seja, como uma atividade entre outras com vista à obtenção de conhecimento sobre o mundo, nem exclusiva nem excludente de outras diferentes, igualmente válidas para o mesmo fim. Concede importância a aspetos subjetivos: pessoais (interesses, crenças...) e contextuais (sociais, relacionais, políticos, económicos...) e a sua influência na produção do conhecimento científico (contexto da descoberta).

A tese básica do relativismo sustenta o falibilismo de qualquer forma de conhecimento humano, em que as provas, especialmente as empíricas, não são decisivas para suportar verdades, ou seja, as afirmações sobre o mundo não provêm exclusivamente da observação. Outra das questões relevantes do relativismo é a demarcação entre ciência e não ciência. Para um racionalista as teorias científicas são aquelas que podem ser avaliadas com um critério universal e que superam a

correspondente prova empírica. Para Kuhn (1970), por exemplo, a característica que permite distinguir ciência de não ciência é a possibilidade da existência de períodos de ciência normal com duração apreciável. Ao contrário, um relativista nega a possibilidade de que exista um critério de racionalidade único, intemporal e universal, que possa considerar uma teoria melhor ou pior que outra.

O impacto dos posicionamentos relativistas na forma de pensar a ciência conduziu à identificação desta posição com *Nova Filosofia da Ciência*, considerando Kuhn, juntamente com Hanson e Feyerabend, os seus principais representantes. Esta posição caracterizava-se, por oposição à “velha” filosofia da ciência, pela sua atitude revolucionária perante assuntos polémicos tais como a questão da distinção entre o enfoque heurístico e o enfoque lógico ou metodológico da ciência, a questão da correlação entre “experiência” e “teoria” ou a questão da “comparabilidade ou incomparabilidade interparadigmática”, interpretada, esta, no início, como se se tratasse da traducibilidade ou intraducibilidade das linguagens correspondentes a teorias e grupos de teorias ou “paradigmas” opostos.

Longe de ser independente do contexto, o todo da ciência do momento insere-se ou, pelo menos, entrecruza-se com muitos e diversos contextos, sejam eles teóricos, técnicos ou práticos, pois o cientista ou a comunidade científica não são alheios ao resto da humanidade na sua luta por organizar-se socialmente. Dito assim, a ciência não é só “uma linguagem bem feita”, mas uma complexa atividade, enquanto tal, e imersa na infinita complexidade das demais atividades dos seres humanos (como diz Kuhn [1975 (1962)]).

### ***Pragmatismo ou Instrumentalismo (pós-kuhniano)***

Peirce, no século XIX, foi o fundador do pragmatismo. Este filósofo norte-americano substituiu verdade por método e considerou que a verdade é o que o método científico estabelece, no desenvolvimento da ciência. Afirmava que algo é real quando uma comunidade está de acordo com a sua existência e, assim, o progresso do conhecimento científico depende do grau de aproximação às finalidades da ciência. Há progresso quando se produzem teorias melhores e que dão maior garantia. O pragmatismo foi principalmente disseminado por John Dewey, como instrumentalismo. Um instrumentalista considera que as teorias científicas não são mais que ferramentas para organizar a descrição dos fenómenos e fazer inferências; a componente teórica da ciência não descreve a realidade e as teorias são apenas instrumentos úteis para organizar os dados provenientes da observação.

Assim, as posições instrumentalistas ou pragmáticas, caracterizam-se por considerar a ciência como um instrumento cujo objetivo é produzir teorias capazes

de superar mais desafios nos testes empíricos de modo a conseguir alcançar os objetivos da ciência. Esta é, então, um conhecimento de natureza funcional, cuja validade se associa à sua fecundidade para a descrição e transformação do mundo.

Em certos aspetos, o instrumentalismo pode considerar-se intermédio entre realismo e relativismo radical. Em relação aos critérios de demarcação, por exemplo, admite que a ciência não é a única forma válida de conhecimento e também considera a forma dinâmica e influenciada do progresso científico (afastado, portanto, do conceito cumulativista e linear) porque as finalidades da ciência também se alteram e são relativas. Do ponto de vista desta perspetiva, criticam-se as revoluções kuhnianas por se centrarem demasiado nas grandes mudanças e não tomarem em conta as modificações graduais nas quais não estão implicadas componentes nucleares de um paradigma. O instrumentalismo considera que os conceitos teóricos não se julgam com critérios de verdade ou de falsidade, mas pela sua utilidade como instrumentos, uma vez que se destinam a proporcionar um controlo do mundo observável.

Também, o instrumentalismo admite o conceito de paradigma científico, mas que difere do relativismo porquanto não considera as regras metodológicas como simples convenções mas, sim, ao mesmo nível das teorias científicas. As regras da ciência avaliam-se questionando se funcionam, isto é, se conduzem a previsões efetivas do mundo natural e a intervenções eficazes nele.

Considerando alguns filósofos do pragmatismo/ instrumentalismo, Putnam (1990) abandona a “verdade como correspondência”, mas empenha-se em manter uma noção absoluta (realismo interno) que lhe permita afirmar que os enunciados têm um valor de verdade próprio, que não se pode alterar ou perder, enquanto para Kuhn existia a verdade partilhada (Pérez-Ransanz, 1998). A principal ideia de Putnam consiste fundamentalmente na ideia de que é impossível ter uma visão do mundo que não esteja situada em algum ponto de vista específico.

Rorty (1988), que também se pode inserir na mesma linha do pragmatismo, previne contra uma indesejável absolutização da verdade e sustenta que a “verdade em si” é indistinguível da nossa eventual adesão àquilo que temos como verdadeiro, pelo que só nos é possível falar dela contextualizando-a no espaço, no tempo e nas finalidades da ciência, isto é, nas concretas circunstâncias sócio-históricas em que se produz um determinado consenso acerca da verdade.

Para Laudan (1986), que também se pode considerar pragmático, na sua primeira etapa, “a ciência é, em essência, uma actividade de resolução de problemas”. Ora, resolver problemas não se reduz a explicar factos. Ele próprio afirma: “A verdade ou a falsidade são irrelevantes para a resolução de problemas”. Para desenvolver a sua teoria do progresso científico, Laudan tem que ter em conta a avaliação de problemas e a avaliação de teorias enquanto resolventes de

problemas, sendo consciente que os critérios de avaliação que os cientistas usam mudam ao longo do tempo.

Também Toulmin (1977) começou instrumentalista avançando para uma progressiva substituição das ideias revolucionárias de Kuhn por um “sossegado” evolucionismo, na linha da ecologia sociocultural que auspicia o contínuo fomento da diversidade teórica na história das ideias. Sustenta que as mudanças acontecem principalmente de forma evolutiva, gradual e contínua. Como referia: “a ciência faz propostas inovadoras” e, entre as muitas possíveis, selecionam-se as mais capazes e desenvolvem-se, difundem-se e impulsionam-se.

As regras refletem sempre uma série de valores para promover os objetivos da ciência, procurar explicações aplicáveis, racionais e antecipatórias de experiências futuras. O conhecimento tem uma componente valorativa e de decisão racional muito clara para o pragmatismo/ instrumentalismo, que se afasta da ausência de racionalidade e de valoração defendidas pelo relativismo radical.

Sobre as novas teses da filosofia da ciência pós-kuhniana, centramo-nos na obra de Ian Hacking, *Representing and Intervening*, publicada em 1983. Relativamente a Hacking, trata-se de estudar o conhecimento científico enquanto transformador do mundo. Para este autor não há uma única metodologia da ciência, nem indutiva nem dedutiva: “Os filósofos da ciência debatem constantemente sobre as teorias e as representações da realidade, mas não dizem quase nada sobre a experimentação, sobre a tecnologia ou sobre o uso do conhecimento para alterar o mundo” (Hacking, 1983, 149).

De acordo com Echeverría (1995), as teses de Hacking sobre a observação e a experimentação sublinham que, além de carregadas de teoria elas estão, sobretudo, carregadas de prática competente. O que Hacking propõe é que os filósofos da ciência estudem mais a observação científica enquanto ações (ou experimentação), e menos os enunciados observacionais (ou experimentais). O essencial não é a verdade científica mas a capacidade inovadora da ciência<sup>6</sup>. Com o instrumentalismo, para Echeverría (1995, 42), entraram em crise dois dos postulados da filosofia do segundo terço do século XX: a busca de um critério de demarcação entre ciência e não ciência e a distinção entre contexto de justificação e contexto de descoberta. E propõe uma distinção entre quatro contextos alternativos, referindo que em vez de um contexto para a filosofia ou para a epistemologia (o de justificação) e outro para a sociologia ou para a psicologia (o de descoberta), se insista nos vínculos e inter-relações que os quatro contextos têm entre si, num quadro mais flexível, que permite refletir sobre a ciência em

6 Já antes aludimos a Hacking, enquadrando também este autor na corrente do Realismo com característica que lhe atribui o qualificativo de “transformativo”

toda a sua complexidade e distingue quatro âmbitos interdependentes: contexto de educação (ensino e difusão da ciência), inovação, avaliação e aplicação.

### 3.3 TENDÊNCIAS DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA – A HISTORIOGRAFIA DA CIÊNCIA

Para a alteração da reflexão filosófica contribuiu o desenvolvimento dos chamados *estudos sobre ciência* e, de modo muito particular, a transformação da historiografia da ciência, sublinhando-se a influência de diversos aspetos culturais e sociais sobre a ciência (Paixão, 2003).

Há como que um paralelo, facilmente identificável, entre os principais posicionamentos da filosofia da ciência, ou seja, a reflexão sobre o empreendimento da ciência, e a evolução dos posicionamentos da historiografia da ciência, ou seja, do modo de entender e construir a história da ciência. O declínio da historiografia que usa o passado para justificar o presente, significou abandonar a conceção da história como uma evolução para algo (a verdade), para entendê-la como uma evolução dos quadros conceptuais anteriores nos quais se imbricam aspetos internos e externos da ciência. A historiografia da ciência foi contribuindo para uma história da ciência que, assim, foi irrompendo como fonte de argumentos e desenvolvimentos teóricos pertinentes, nomeadamente, para a interpretação da ciência atual.

Gavroglu (2007) identifica a existência de três períodos distintos na historiografia da ciência. Num primeiro período, tomando a história da ciência como fiel descrição dos factos, os historiadores concordavam em que as suas obras deviam ter objetivos concretos; quase todos consideravam que se verificara uma caminhada triunfal do espírito humano e que era preciso fazer a sua história. Com matizes, todos concordavam com o facto de que a abordagem positivista era o instrumento metodologicamente mais adequado à escrita da história da ciência. Durante este primeiro período, o objetivo consistia numa narrativa circunstanciada, mediante o estudo mais exaustivo possível das fontes. Não pareciam existir problemas históricos específicos a resolver e o objetivo parecia residir na descrição dos pormenores dos desenvolvimentos científicos. Referindo-se ao peso do positivismo na influência sobre o modo de escrever a história da ciência, Viana e Porto (2010, 76) referem que “até recentemente, a principal abordagem da história da ciência foi baseada num modelo enciclopédico, continuista e cumulativo”. Para os autores, os historiadores procuravam os “precursores” das ideias bem estabelecidas da ciência atual.

O segundo período na historiografia da ciência situa-se na década de 1930. Surgem as primeiras abordagens historiográficas que constituem tentativas de

ultrapassar o modelo positivista. A revolução científica dos séculos XVI e XVII fica consagrada, nesse período, como sendo o início da ciência moderna e começam a investigar-se, sistematicamente, os seus diversos aspetos. Uma característica importante de muitas obras reside em considerarem que o período da Revolução Científica dos séculos XVI e XVII forma a identidade da ciência, *também* através da rutura com a Antiguidade. Apesar de o ponto de vista positivista sobre a ciência continuar a ser dominante, surgem obras que, efetivamente, põem em causa as possibilidades que uma tal conceção apresenta para a história da ciência. Começam a ganhar forma novas abordagens historiográficas, pendendo para uma análise marxista da história da ciência, em que a dimensão predominante é sociológica e em que se destacam Merton, Hessen e Bernal.

Os estudos de Alexandre Koyré (1892-1964) sobre a Revolução Científica influenciaram de modo profundo as orientações da comunidade dos historiadores da ciência. *Estudos Galilaicos* (1992; obra original de 1939) é a sua obra mais importante de história da ciência. Deve-se-lhe o facto de a Revolução Científica se ter tornado, depois de meados da década de 1940, no problema central dos historiadores da ciência<sup>7</sup>, substituindo a ideia geral sobre os objetivos e os métodos da história da ciência (Gavroglu 2007, 53).

Em 1964, pouco antes da sua morte, Koyré parece ter compreendido a necessidade de uma reorientação da história da ciência. Tendo lido *A Estrutura das Revoluções Científicas*, confidenciou a Kuhn a inadequação da sua própria abordagem e considerou que essa obra poderia estabelecer a ponte entre a história da ciência como tal e a história social, as quais, até então, tinham permanecido demasiado separadas.

O terceiro período representa o contributo para a formação da identidade institucional e cognitiva da história da ciência. A abordagem contemporânea dos historiadores da ciência é marcada, num impulso que se inicia a partir dos anos 1950, pela bem delimitada e profunda análise de estudos de caso, com o objetivo da caracterização de episódios e documentos específicos (Viana & Porto, 2010). Outro objetivo é contextualizar as ideias do passado, procurando os seus significados no âmbito do pensamento científico do período em análise. Com isso, é possível identificar continuidades e rupturas com as ideias anteriores bem como peculiaridades do desenvolvimento de um determinado trabalho científico. Além disso, é necessário considerar as influências que não provêm do estrito domínio da ciência, tal como influências psicológicas e sociológicas. Seguindo uma tal abordagem, a relação entre os estudos de caso e o contexto mais alargado da

---

7 O próprio Kuhn acreditava que Koyré tinha avançado no sentido de uma “revolução historiográfica” que transformara a história da ciência em história das ideias (Kuhn 1970, 67-68, *in* Gavroglu, 2007, 54).

história da ciência adquirem novos significados que ajudam a construir/organizar um quadro mais detalhado da complexidade do empreendimento científico ao longo do tempo. Esta nova historiografia da ciência foi influenciada pelos desenvolvimentos da filosofia da ciência, depois de trabalhos como os de Popper, Hanson, Polanyi, Kuhn, Feyerabend, Lakatos, Laudan, entre outros.

A história da ciência tornou-se, afinal, a história dos que se esforçaram por investigar e compreender a estrutura e o funcionamento da natureza (Gavroglu, 2007, 194). A ciência adquiriu forma a partir das ideias, das técnicas e das práticas que os sujeitos imaginaram a fim de investigarem a natureza das entidades, dos princípios e das leis que descobriram e a partir, também, das instituições que criaram e das aplicações que imaginaram. Mas os próprios sujeitos também dão forma à ciência, por meio dos seus diversos pontos de vista ideológicos, filosóficos, estéticos, religiosos e políticos, bem como por meio das suas diversas práticas sociais. Por isso, a história da ciência tem por objeto a ciência *como fenômeno social e cultural*, e os historiadores da ciência têm em consideração que as particularidades locais, temporais e culturais têm desempenhado um papel fundamental na formação não só do discurso científico mas também da função social da ciência (Gavroglu, 2007, 21).

Para a alteração da reflexão filosófica contribuiu a transformação da historiografia da ciência que se deu a par de outros estudos sobre a ciência, sublinhando-se a influência de diversos aspetos internos e externos da ciência. A história da ciência irrompeu como fonte de argumentos e desenvolvimentos teóricos para a interpretação da ciência atual (Paixão, 2003).

É, afinal, com os contributos que se estendem do realismo crítico às teses de Kuhn, dos seus contemporâneos e dos seus sucessores, muito sustentados na análise da história da ciência, como fenómeno social e cultural e imbricada na história da própria humanidade, que se constrói e organiza o quadro teórico que reflete sobre a ciência atual e, assim sendo, que fundamenta e enriquece a educação em ciência.

É esta indissociabilidade da filosofia e da história da ciência, enquanto forma de pensar, que constitui o quadro teórico a que chamamos *História e Filosofia da Ciência (History and Philosophy of Science - HPS)* e que cria uma alargada e consensual fundamentação para a educação em ciência.

### **3.4. RELEVÂNCIA DA FILOSOFIA E HISTÓRIA DA CIÊNCIA NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA**

A educação em ciência necessita de horizontes alargados que mais facilmente se obtêm de convergências conseguidas a partir de contributos provenientes

de fontes mais plurais. Assim, as perspectivas contemporâneas da filosofia da ciência, encarando uma imagem mais externalista da construção da ciência, podem organizar-se de modo a constituir um conjunto de pontos relevantes. Abarcando posições kuhnianas e suas sucessoras e, também, incluindo uma parcela concordante do realismo, resumem-se a alguns aspetos consensuais que contribuem para a imagem atualmente considerada desejável para o entendimento da ciência e que pode, em diferentes mas convergentes aspetos da educação em ciência, ser apropriada pelos alunos.

Essa imagem da ciência segue princípios que têm vindo a ser resumidos, por investigadores do domínio da educação em ciência (Gil Pérez, 1992; 1993; Paixão & Cachapuz, 1998; 2003; Níaz, 1994; Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz & Praia, 2002; Monk & Osborne, 1997; Hodson 1986; 2008; 2009; entre outros), incorporando elementos como os que se seguem:

- (i) As observações são dependentes da teoria e devem ser interpretadas à luz dos pressupostos aceites, isto é, não dão acesso imediato e direto a conhecimento factual seguro;
- (ii) As teorias e os conceitos são produzidos por atos criativos de abstração e não provêm diretamente da observação por processos de generalização indutiva;
- (iii) Não existe um método único de produção de conhecimento científico;
- (iv) O conhecimento científico tem um estatuto temporário e os erros devem ser objeto de reflexão, ou seja, não pode ser confundido com verdade absoluta;
- (v) As interpretações são limitadas por dados empíricos mas não são determinadas exclusivamente por eles, pois vão além do que é diretamente acessível aos sentidos;
- (vi) Um modelo pode emergir através da aplicação de um referencial teórico a um fenómeno específico;
- (vii) A ciência não é neutra, impessoal e aproblemática mas nutre uma inter-relação estreita com a tecnologia e com dimensões sociais;
- (viii) As descobertas têm contexto e estrutura que a história da ciência tem ajudado a compreender;
- (ix) O progresso do conhecimento não se faz de forma linear e meramente cumulativista.

Uma educação em ciência que realce os produtos da ciência coloca uma ênfase injustificada na consideração e análise dos dados e introduz os alunos no campo científico sem explorar nenhum dos aspetos que contribuem para que o

conhecimento científico “seja como é” e “como é que se lá chegou” e falha nos aspetos significantes do produto cultural a que chamamos ciência – por exemplo, o significado da criatividade e imaginação ou o facto de o pensamento científico ser histórica e socialmente situado.

No sentido de compreender aspetos que se podem considerar como áreas-problema na educação em ciência, como a estrutura da ciência e a natureza do método científico ou o papel desempenhado pelos julgamentos valorativos dos cientistas, a componente da filosofia da ciência pode representar um enriquecimento para a educação em ciência. De entre muitos outros autores, destacamos os aspetos enumerados por Duschl *et al.* (2007) para quem os alunos que compreendem ciência:

- (i) conhecem, usam e interpretam explicações científicas do mundo natural;
- (ii) constróiem e avaliam evidências e explicações científicas;
- (iii) compreendem a natureza e o desenvolvimento do conhecimento científico;
- (iv) participam, de forma produtiva, em práticas e discursos científicos.

Deste modo, não mais faz sentido que os professores de ciências restrinjam o seu ensino à “ciência considerada exclusivamente como conhecimento”, amaciado por exemplos de aplicações do conhecimento científico ou do uso instrumental da ciência (ciência para alterar o mundo de acordo com os interesses humanos). No sentido da “humanidade”<sup>8</sup>, que se constrói em contexto social e natural, alude-se a um significado cultural da ciência que assume sentido ao inseri-la numa totalidade historicamente situada que não afasta a consideração dos valores e da cultura.

Assim sendo, para a renovação no ensino das ciências é crescente a convicção de que a filosofia e a história da ciência têm um papel importante a desempenhar. Fundamentar a educação em ciência na filosofia e história da ciência confere-lhe um sentido e uma dimensão social e humana, porquanto permite aos professores assumirem a sua função de educadores de jovens que vivem num mundo em elevada aceleração científica e tecnológica (Cachapuz, Sá-Chaves & Paixão, 2004).

Também Hodson (2008; 2009), em recentes reflexões, e em sintonia com a proeminência dada à filosofia e história da ciência nos debates internacionais e em diversos relatórios sobre educação em ciência, considera a sua centralidade

---

8 Identidade de ser humano

para a literacia científica e identifica ideias-chave para inclusão no currículo e nas práticas de ciências. Para ele, é crucial o papel da filosofia e história da ciência para alcançar o que chama de literacia científica crítica (*critical scientific literacy*).

Pela sua estreita relação com a filosofia da ciência, como atrás foi evidenciado, um dos aspetos valorizado na educação em ciência é o próprio uso da história da ciência como forma de apresentar uma atividade humana com forte sentido cultural, social e ético (Nielsen & Thomsen, 1990). Tal abordagem permite uma compreensão mais global da natureza da ciência, do conhecimento científico e do próprio trabalho dos cientistas que se desenvolve em comunidades de rostos humanos (Paixão, 2003). O uso da história da ciência constitui, assim, um contributo para educar cidadãos autónomos numa sociedade pluralista, pelo combate à aparente neutralidade da ciência ou ao exagerado culto do cientismo (Sprod, 1993).

Vários autores têm refletido sobre a relevância do uso da história da ciência, sendo alargado o reconhecimento da sua importância. Num dos seus vários artigos em que evidencia o valor da história da ciência na educação em ciência, Matthews (1989; 1994a) refere-se à crise contemporânea do ensino das ciências e ao alarmante analfabetismo científico dos cidadãos e reforça que a filosofia e a história da ciência não têm todas as soluções para a crise, mas têm algumas respostas. Para este autor, esses assuntos “podem contribuir para superar o “mar de sem sentidos” das aulas de ciências em que se recitam fórmulas e equações, mas onde poucos conhecem o seu significado”. Como escreve, ainda, Matthews (1994b): “A história e a filosofia podem tornar as idealizações da ciência mais humanas, compreensíveis e explicá-las como úteis com direito próprio para serem apreciadas”. É que, ao mesmo tempo, o conhecimento científico também é um produto cultural e contingente e a compreensão da sua natureza e do significado das suas realizações não são possíveis sem algum conhecimento do seu contexto histórico. O estudo das ideias científicas no seu contexto de descoberta original ajudará, assim, a desenvolver compreensão conceptual nos alunos. E este aspeto é igualmente importante por permitir fazer a distinção entre objetos reais do mundo e objetos teóricos da ciência (sobre o mundo).

De acordo com a *Science for all Americans*, há duas principais razões para incluir história da ciência na educação em ciência: i) as generalizações acerca de como opera a empresa da ciência fica vazia sem exemplos concretos; e ii) alguns episódios da história do empreendimento científico têm um significado acrescido para a nossa herança cultural (Bybee *et al.*, 1991).

Assim, como resposta à questão: Porque deve a história da ciência ser uma parte importante da educação em ciência?, têm sido avançadas diversas justificações:

- (i) Aumenta o interesse e a motivação pelo assunto na aprendizagem da ciência (Solomon *et al.*, 1992; Matthews, 1992);
- (ii) Promove uma melhor e mais completa compreensão dos conceitos e assuntos científicos dando conta do seu desenvolvimento e refinamento (Solomon *et al.*, 1992; Matthews, 1992; 1994a; 1994b; Kim e Irving, 2010) até porque as ideias atualmente aceites foram, frequentemente, alvo de fortes oposições por razões semelhantes às que os alunos proferem (Monk e Osborne, 1997; Kim e Irving, 2010);
- (iii) Conduz a melhor compreensão do método científico podendo ser discutidos critérios de boas experiências (Matthews, 1992); Ajuda a compreender a polimorfia de métodos utilizados (Gavroglu, 2007);
- (iv) Humaniza o assunto; pode humanizar as ciências e aproximá-las mais dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos (Matthews, 1992; 1994a; Cachapuz *et al.*, 2005; Viana e Porto, 2010);
- (v) Constitui uma introdução à filosofia da ciência ajudando os alunos a ganhar uma melhor compreensão da natureza da ciência e do trabalho científico; Podem ser postas questões acerca da relação entre teoria e evidência, origem da definição científica de termos, etc. (Solomon *et al.*, 1992);
- (vi) Proporciona o desenvolvimento de uma melhor atitude pública face à ciência contribuindo para a compreensão da relevância social da ciência (Solomon *et al.*, 1992);
- (vii) Demonstra que a ciência é mutável e alterável, permitindo apreciar como é que as ideias científicas se iniciaram, desenvolveram e mudaram (Dana, 1990; Matthews, 1992);
- (viii) Combate a ideologia do cientismo (Matthews, 1992); Afasta a cultura positivista que caracteriza o ensino das ciências (Gavroglu, 2007);
- (ix) Ajuda a compreender as mútuas influências da ciência e da tecnologia e as implicações atuais na sociedade (Dana, 1990);
- (x) Tem valor intrínseco compreender certos episódios fulcrais da história da ciência (Matthews, 1992; Bybee *et al.*, 1991);
- (xi) Pode tornar a aula mais estimulante e reflexiva, e incentiva a atitude e o pensamento críticos (Matthews, 1994b; Kim e Irving, 2010);
- (xii) Clarifica o contraste entre pensar antes e agora, trazendo um novo enfoque à natureza e à compreensão da descoberta dos nossos atuais conceitos (Monk e Osborne, 1997; Kim e Irving, 2010);
- (xiii) Pode contribuir para uma aprendizagem mais significativa relacionando conceitos científicos com outros aspetos do conhecimento dos alunos;

(xiv) Uma abordagem histórica pode apresentar a ciência como um empreendimento humano, relacionado com aspetos éticos, políticos e sociais (Matthews, 1994a; Cachapuz *et al.*, 2005; Viana & Porto, 2010).

E para a questão: Que história é necessária?, ainda tem atualidade a resposta de Monk e Osborne (1997): “It is not a sanitised history of fully developed ideas that is needed, but a history of the creation of those ideas, the people who created them and their impacts on society”.

Os aspetos considerados apontam, assim, para a insuficiência e inadequação do conhecimento científico meramente retificado e justificado e requerem que se incorpore a dimensão histórica na educação em ciência e se dê relevo a estratégias e recursos educativos capazes de garantir um ensino consequente.

### 3.5. SOBRE INTEGRAÇÃO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA

Do que antes se evidenciou, torna-se claro que a história da ciência deve fazer parte do currículo e do ensino da(s) ciência(s). Devem ser apresentadas as principais ideias, o processo pelo qual se desenvolveram, os rostos de quem se envolveu e deu contributos e o contexto histórico no qual essas ideias se originaram e maturaram. Para tal, têm sido apontadas formas de o fazer que se aproximam de modelos ou simplesmente indicações (úteis e importantes) de integrar história da ciência na educação em ciência.

Desde os anos 1950 até ao presente, a historiografia da ciência experimentou importantes mudanças e o mesmo aconteceu com a educação em ciência. Como reforçam Viana e Porto (2010):

*If we want to meet the goals of science education for the twenty first century, we have to establish a dialogue between historians of science and science educators. By means of such a dialogue, it will be possible to learn from the history of science the lessons that will help teachers and students to have a better understanding of the many (and complex) ways science is constructed over time (p.89).*

Assim, e no quadro da nova historiografia da ciência, particularmente desde os anos 90 do século passado, tem sido crescente o interesse pela história da ciência na educação em ciência. Aliás, nasce no início dessa década, 1992, uma das mais conceituadas revistas científicas da área, *Science*

*& Education*. Para Stinner *et al.* (2003) já existe uma emergente disciplina de “história da ciência na educação em ciência”, mas os autores consideram que o mais necessário continua a ser um esforço internacional, conduzido por historiadores, cientistas, educadores e professores, que responda ao desafio de produzir materiais e encontrar boas formas de incorporar a história da ciência na educação em ciência, uma vez que consideram que um modo sistemático de integrar material da história da ciência no ensino da ciência ainda não foi desenvolvido.

Contudo, assiste-se ao crescimento significativo do número de referências, no conjunto das revistas de maior impacto internacional, e também em Portugal, relatando situações de ensino das ciências com recurso à história da ciência para temas diversos (Berg, 1990; Carvalho & Castro 1992; Matthews 1990b; Solomon *et al.*, 1992; Marques, 1995; Praia, 1995; Monk & Osborne, 1997; Allchin, 1997; Níaz, 1995; Paixão, 1998; Villani e Arruda, 1998; Cachapuz e Paixão, 2005; Esteban-Santos, 2001; Jorge, 2008; Hilário & Reis, 2009; Clough, 2010; King & Irving, 2010; Coelho, 2010; Viana & Porto, 2010; Papadouris & Constantinos, 2010; Braga, Guerra & Reis, 2010...).

Tem, de facto, havido esforços para identificar temas, desenvolver estratégias e recursos históricos que, direta e intencionalmente, ensinem ciência e história da ciência, a fazer ciência e sobre ciência, com a história da ciência.

Alguns dos trabalhos atrás referidos sugerem abordagens (estratégias/percursos, atividades) e apresentam recursos de ensino que resultaram em turmas de alunos de idades diversificadas; não se trata, propriamente, de evidenciar um modelo, embora alguns deles “estruturem” essas abordagens de ensinar a história e com a história da ciência.

Em primeiro lugar, faz sentido questionarmo-nos sobre qual o nível de escolaridade em que se torna pertinente a introdução da história da ciência no ensino de ciência.

Recentemente (março de 2010), a Revista *Science & Education* publicou, em memória do historiador da ciência espanhol, Antoni Quintana-Marí (1907-1998), a sua comunicação ao *VII Annual Meeting of the International Academy of the History of Science*, em 1935. Nesta, advogava que a história da ciência, num sentido humanístico, devia ser introduzida no nível do ensino elementar e continuar até ao ensino superior.

Para os níveis mais baixos, Quintana-Marí [2010 (1935)] aponta que histórias e factos concretos da história da ciência podem, com facilidade, ser retidos pelas crianças porque estas têm uma grande curiosidade e fascínio por histórias (*stories*). Para os alunos do ensino secundário, não recusa a introdução de episódios (*anedoctal and legendary*) da história da ciência, em particular se disserem

respeito a situações locais<sup>9</sup>. Para este nível, ressalva-se que “the history of science must subsist as something that is alive in each syllabus without becoming a body of doctrine”. São adequadas, também, biografias de cientistas bem organizadas, assim como textos originais<sup>10</sup>. Quanto ao ensino superior, neste, deve insistir-se em estudos biográficos e em textos originais. O historiador da ciência acusa o ensino da ciência neste nível de ser demasiado sintético (conhecimento retificado e justificado) conduzindo os estudantes a aceitar passivamente a autoridade do saber do professor.

Embora Quintana-Marí se refira algumas vezes à autoridade de Comte, considera que a história da ciência evidencia o caráter provisório e relativo de todo o nosso conhecimento, claramente se inserindo no segundo período da historiografia da ciência.

Avançando quase um século, Stinner *et al.* (2003), na mesma senda, advogam que a história da ciência deve fazer parte da educação em ciência desde muito cedo e até aos estudos superiores. Também para esses autores, o ensino da ciência deve ser humanístico, com contexto e bem relacionado com uma profunda estrutura teórica.

Para as crianças mais pequenas pode preparar-se um programa de histórias de ciência simples (*science stories*) que não colidam com as concepções das crianças sobre o mundo e usar enredos apelativos e experiências simples que impliquem manuseamento (*first hand experiences*). Tais atividades devem ser guiadas por um modelo de desenvolvimento conceptual em que não se desafia,

---

9 Por exemplo, Amato Lusitano é, em Castelo Branco, uma figura central da história da ciência/medicina, do Renascimento, que tem vindo a ser estudada por historiadores da ciência e apropriada para a educação em ciência. Refiram-se, a título de exemplos, as Jornadas (anuais) de História da Medicina na Beira Interior, em que todos os contributos científicos e humanísticos são importantes para a compreensão desse campo. Em cada ano se publicam as Atas das Jornadas do ano anterior nos *Cadernos de Cultura*.

Em Castelo Branco, Amato Lusitano é patrono do Hospital, de uma Escola Básica e Secundária, de uma Associação de Cultura e Desenvolvimento Local, de um Horto/lugar de educação não formal, no Jardim envolvente da Escola Superior de Educação. No centro cívico da cidade existe uma estátua em sua homenagem; também, o seu busto se encontra na portada do antigo edifício da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, ombreado com outras figuras relevantes da medicina portuguesa.

O seu contributo distingue-se ao nível da medicina, da farmácia, da botânica, evidenciando uma postura ética e de rigor muito relevante para a compreensão da ciência e do conhecimento científico.

10 Temos vindo a utilizar, com regularidade e exaustivamente, a Primeira Centúria de Curas Médicas, de Amato Lusitano, como fonte de textos na educação em ciência, em vários níveis, quer seja adaptando textos quer usando, diretamente, excertos da obra. O mesmo, com as *Oeuvres de Lavoisier*, editadas em 1864 e compilando os textos do químico francês.

propriamente, o senso comum das crianças com a ciência dos cientistas nem se lhes impõe compreensão científica elaborada. Deve, sim, ajudar-se as crianças a construir conhecimento em domínios específicos e um pensamento científico efetivo através de uma educação estruturada e cuidadosamente sintonizada com as experiências e com o seu pensamento prévio (Stinner *et al.*, 2003 referem investigadores como: Fraser & Tobin, 1998; Glynn & Duit, 1995; Minstrell & van Zee, 2000). Para crianças de 6-10 anos, deve começar-se a orientar para o desenvolvimento conceptual, o que envolve experiências que permitam reestruturar os modelos conceptuais através de propostas (percursos investigativos) que envolvam manipulação e que tornem evidente o que é prever, observar e inferir, e associá-las a atividades que implicam comunicar de diferentes formas (falar, escrever, dançar, desenhar, cantar) (Gallas, 1994 *in* Stinner *et al.*, 2003). Estas atividades de exploração devem ser parte de uma sequência de aulas cuidadosamente desenhadas, assentes em exemplos, analogias, temas, teorias ou modelos inacessíveis às crianças através das experiências do dia-a-dia ou do pensamento de senso comum. É desejável que as *histórias de ciência* estejam relacionadas com um programa de atividades/experiências que impliquem a necessidade de definições de ciência claras e concisas.

Para jovens dos 11-14 anos, as histórias e atividades contextualizadas devem basear-se na história da ciência e inserir-se em contextos da experiência dos alunos e ou em contextos atuais que os interessem e motivem. Já no ensino secundário (15-17 anos), podem ser introduzidos *estudos de caso históricos* para discutir uma ideia e ou uma experiência bem como para discutir conceitos de ciência (*science thematically*)<sup>11</sup>. Aspetos contextuais, incluindo histórias de ciência, também podem lidar com as relações ciência, tecnologia e sociedade (CTS), uma vez que estas se identificam, facilmente, com o “ensino contextual” (*contextual teaching*).

Nos primeiros anos da universidade, as aulas de ciência precisam de discussões amplas e de contextos bem trabalhados que não se coíbam de detalhes ou da complexidade da matemática e em que as controvérsias da história da ciência representam situações especialmente adequadas.

### ***Recursos da História da Ciência para a Educação em Ciência***

Ao abordar as propostas de introdução de história da ciência no ensino da ciência de Quintana-Marí [2010 (1935)] e de Stinner *et al.* (2003) identi-

---

11 São bons exemplos, a conservação da massa; a natureza corpuscular da matéria; a dualidade onda-corpusculo...

cámos, desde logo, algumas estratégias, mas, principalmente, recursos: estudos biográficos, textos originais (fontes primárias), histórias de ciência, estudos de caso históricos (controvérsias; temas de CTS)...

Na literatura surge, de facto, um conjunto significativo de recursos didáticos inspirados na história da ciência, como são exemplos:

- (i) Vinhetas (*vignettes*) – É uma pequena unidade de apresentação da história da ciência na sala de aula. Cria-se um enredo para um tópico relacionando os conceitos e as ideias em estudo ou sobre algum cientista, de modo a captar o entusiasmo e a imaginação das crianças e dos jovens e a entusiasamá-los a lerem mais acerca do assunto (Vandersee, 1992; Stinner *et al.*, 2003).
- (ii) Objetos históricos originais ou réplicas de objetos - São aparelhos ou mecanismos, da história da ciência. Ajudam a recriar o ambiente do contexto histórico. Os próprios Museus de Ciência, reconstruídos de antigas instalações de investigação, ensino ou produção industrial, podem ser considerados objetos científicos e tecnológicos históricos (lugares de ensino não formal)<sup>12</sup>.
- (iii) Estudos de caso históricos – São situações históricas com uma ideia unificadora, desenhados de acordo com as linhas orientadoras para evidenciar um problema com amplo contexto (*large context problem*) apresentando as ideias científicas de um período histórico no seu contexto amplo e mostrando como estão relacionadas com um tópico<sup>13</sup>; também se evidenciam as principais ideias e/ou o apoio empírico para o estudo da ideia.

Os professores devem estar conscientes da riqueza das possibilidades de discussão que um estudo de caso oferece ao permitir abordar diferentes dimensões do empreendimento científico: o processo intelectual da construção dos conceitos científicos, a natureza do conhecimento científico evidenciando, por vezes, aspetos sociológicos da ciência. Os alunos beneficiam do ganho de serem despertados para estes aspetos. A ideia de que o conhecimento científico é

---

12 O livro “O olho e a mão. A Arte de medir” (Valente *et al.*, 2008) reproduz em fotografias um valioso conjunto de instrumentos científicos de medição de espólios de antigos Liceus Nacionais, réplicas de instrumentos científicos históricos. Também os Museus de Ciência das Universidades de Coimbra e de Lisboa contêm um acervo relevante e valioso de instrumentos originais.

13 Por exemplo, sobre Amato Lusitano e o seu tempo e o rigor das medições (as unidades de medida).

construído num determinado contexto social e é fortemente influenciado pela interação de pessoas, ajuda a entender a ciência como um empreendimento coletivo em que discussões, publicações, comunicações são formas de procurar validação e aceitação do trabalho<sup>14</sup>.

Nos casos históricos procuram-se, especialmente, controvérsias, algumas, total ou parcialmente resolvidos (conservação da massa nas reações químicas; teoria atômica; hereditariedade...).

Na escrita, podem apresentar diversas formas:

- (i) Narrativas temáticas – Esta abordagem identifica temas gerais que transcendem as fronteiras de disciplinas científicas individuais e deve ter conexões humanísticas (por exemplo, o duelo atomismo – continuísmo).
- (ii) Diálogos - Tornam a ciência mais acessível ao público (Galileu escreveu em diálogo e em italiano para atingir um público mais amplo). É como se se pusessem os cientistas a falar das suas ideias e das suas teorias (por exemplo, o diálogo entre Priestley e Lavoisier; creacionistas e evolucionistas; fixistas e mobilistas).
- (iii) Dramatização – Implica considerar, por exemplo, o papel dos cientistas na sociedade e a relação dos cientistas com o poder (como é o caso de *A Vida de Galileu*, do dramaturgo alemão Bertolt Brecht, de 1943). Nas aulas, os alunos podem desenvolver dramatizações (escrever e representar), como amadores.

É pelo potencial educativo dos casos históricos que Braga *et al.* (2010) consideram a escrita de pequenos livros em linguagem coloquial, apresentando a construção do conhecimento científico num âmbito alargado e mostrando as suas diferentes inter-relações, como bons recursos didáticos complementares dos manuais escolares. Também Metz *et al.* (2007; *in* Braga *et al.*, 2010) argumentam que relatos históricos bem construídos, pela sua própria natureza, humanizam um assunto levantando “interesses pessoais, éticos, sociológicos, filosóficos e políticos que tendem a aumentar o interesse e motivação nos alunos” e podem ser usados numa variedade de formas e com diversas finalidades ajudando a “fazer o sentido da história”.

Para Bussi e Sierpinska (2000), que investigam no domínio da educação matemática, o estudo histórico tem como objetivos, além de motivar os alu-

---

14 O que Bensaude-Vincent e Journet (1993) chamam “um coletivo chamado Lavoisier” ilustra bem a intensa atividade e produção científica num contexto que envolve muitas contribuições e muitas controvérsias.

nos, olhar para a gênese de ideias da ciência/matemática e para os contextos da emergência do pensamento matemático com o objetivo de definir condições que têm que ser satisfeitas (e que, portanto, tiveram que acontecer) de modo a que os alunos compreendam tais ideias.

A proposta destas autoras dirige-se para a utilização de textos ou fragmentos de textos históricos (ou quadros<sup>15</sup>, fotografias, músicas...) na sala de aula, evidenciando uma metodologia de “jogo de vozes e ecos” (*voices and echoes game*), que consiste na introdução das “vozes” da história, na forma de fontes primárias selecionadas e comentadas. Claro que o aspeto mais delicado nesta metodologia é, por certo, a seleção de fontes históricas capazes de transmitir as ideias cruciais de modo conciso, em conformidade com os constrangimentos de espaço e tempo do ensino (principalmente do formal).

### ***Percursos/Estratégias para integrar história da Ciência no ensino da Ciência***

É matéria consensual que a história da ciência pode (deve) fazer parte da educação em ciência das crianças e dos jovens enquanto permanecerem no sistema educativo e, desejavelmente, ao longo de toda a vida. Mas, mesmo que os professores estejam conscientes da importância da história da ciência no ensino da ciência, com frequência não sabem como a integrar e tendem a ignorá-la (Tamir, 1989 *in* Kim & Irving 2010).

Com a consciência de que a história da ciência serve como uma fonte de bons recursos para os alunos desenvolverem tanto uma melhor compreensão da natureza da ciência como um melhor conhecimento de conteúdo da ciência, vários autores têm vindo a apresentar recursos associados a formas de os integrar na sala de aula. Contudo, pela diversidade conjugada com a enorme riqueza das situações e dos materiais que a história da ciência oferece à educação em ciência, é admissível a dificuldade que a investigação tem revelado em organizar um modelo para a utilização da história da ciência nas aulas de ciências. Dificilmente, numa matéria de extrema diversidade como esta e assente nos pressupostos atuais da filosofia da ciência, se almeja, até, encontrar uma forma única.

Contudo, a organização crescente do conhecimento resultante da investigação didática tem evidenciado modos (que dificilmente atingem o estatuto de modelos) de integração da história da ciência na educação em ciências.

---

15 Lavoisier e sua esposa, do pintor seu contemporâneo, David; Os medidores/ *The Measurers*, pintura flamenga do século XVI, autor desconhecido.

Matthews (1994a) sugere duas formas para utilizar a história da ciência no ensino da ciência: (i) abordagem adicional ou complementar (*add-on approach*) que ensina primeiro os conteúdos de ciência e depois a história da ciência; (ii) abordagem integrada (*integrated approach*) em que a história da ciência é integrada no estudo do conteúdo da ciência. As atividades para integrar a história da ciência incluem leituras, reprodução de experiências históricas, *role-play* de debates e episódios históricos ou leitura de textos originais e representação.

Kim e Irving (2010; 212 e 213) clarificam um modelo, que considera a relação entre a literacia científica, o conhecimento de conteúdo científico, a natureza da ciência e a história da ciência, que implica usar a história da ciência como um contexto para o ensino das ciências, o que dá aos alunos mais oportunidades para refletir, discutir e pensar mais profundamente e de modo crítico. Os autores alicerçam as suas propostas de ensino numa perspetiva construtivista que implica e valoriza a reflexão, discussão e aprendizagem em grupo e explicitam uma sequência de atividades descrevendo como usaram materiais de história da ciência. As atividades apresentadas são, no caso, indexadas a uma temática específica (ensino da genética):

Atividade 1 - Questão que aborda a teoria que o contexto a estudar alterou.

Os estudantes leem sobre antigas ideias da ciência (por exemplo: o que é que os antigos cientistas pensavam acerca da hereditariedade?).

Atividade 2 – Ler e analisar partes de textos sobre a nova teoria (fontes primárias, se possível). O professor organiza questões condutoras da análise e incentiva a interpretação pelos alunos.

Atividade 3 – Realizar experiências que foram usadas no contexto histórico, registando observações.

Atividade 4 – Leituras históricas que ajudem a interpretar os resultados obtidos.

Atividade 5 – Comparar o poder explicativo de teorias em confronto. Proporcionar reflexão sobre o que é uma teoria científica e uma lei científica.

Atividade 6 – Desenvolvimento da teoria e introdução dos estudantes no conhecimento da moderna teoria.

Atividade 7 – Desenvolvimento (projetos científicos atuais relacionados/pesquisa). Confronto e discussão envolvendo aspetos éticos, sociais ou outros, dependendo do assunto (CTS).

Monk e Osborne (1997) apresentam um modelo para o ensino com a história da ciência e esclarecem o seu interesse em desenvolver propostas de ensino de acordo com ele. Tal modelo desenvolve-se em fases:

- (i) Apresentação de fenómeno ou questão;
- (ii) Elucidação de previsões;
- (iii) Estudo histórico (através de formas, atividades e recursos que contemplam alguns dos já atrás referidos);
- (iv) Planeamento de testes (experimentais, por exemplo);
- (v) Introdução da ideia científica e testes empíricos;
- (vi) Revisão e avaliação, como uma oportunidade para reflexão sobre os produtos da resolução do conflito, ou seja, resultantes do contexto da descoberta, e compará-los com o seu pensamento anterior... afinal, os conceitos da ciência do currículo.

O percurso didático que temos vindo a propor e a seguir nas nossas práticas (Paixão, 1998) é bastante próximo do que Monk e Osborne (1997) propõem como modelo. Contempla os mesmos passos, mas explicita, por exemplo, no ponto (i) o estabelecimento de relação com o mundo/sociedade atual com o sentido de ativar mais o interesse dos alunos. Também no âmbito do ponto (v) se propõe o confronto do poder explicativo das duas teorias/ideias. No final, na revisão, incentiva-se à ampliação do estudo histórico.

Queremos realçar, na Lição, que, para um posicionamento crítico e de intervenção ativa e informada dos cidadãos no mundo atual é indispensável a compreensão da ciência e tecnologia e de aspetos associados ao seu uso. A história da ciência pode potenciar uma melhor compreensão do conteúdo, proporcionar a compreensão da natureza da ciência e colocar o conteúdo da ciência num contexto humano. A defesa da incorporação da história da ciência na educação em ciências está, afinal, diretamente associada à valorização da literacia científica para uma cidadania ativa.

Na Lição exploram-se exemplos de integração de história da ciência na educação em ciências.

## REFERÊNCIAS

- Acevedo Díaz, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1 (1): 3-16.
- Aikenhead, G.S. (2003). Review of research on humanistic perspectives in science curricula. Paper presented at the *4th Conference of the European science Education Research Association (ESERA): Research and the quality of science education*.

- Noordwijkerhout, the netherlands. In: <http://www1.phys.uu.nl/esera2003/program.shtml>
- Aikenhead, G.S. (2009). *Educação científica para todos*. Mangualde e Ramada: Edições Pedagogo.
- Allchin, D. (1997). Rekindling Phlogiston: From Classroom Case Study to Interdisciplinary Relationships, *Science & Education* 6: 473-509.
- Bastide, A. (1984). *Augusto Comte*. Lisboa: Edições 70.
- Bensaude-Vincent, B.; Martin, A.C. (1993). *Dans le Laboratoire de Lavoisier*. Paris: Nathan.
- Berg, K.C. (1990). The Historical Development of pressure-volume law for gases. *The Australian Science Teachers Journal*, 36 (1): 14-20.
- Braga, M.; Guerra, A.; Reis, J.C. (2010). The Role of Historical-Philosophical Controversies in Teaching Sciences: The Debate Between Biot and Ampère. *Science & Education*, Published online 21 October 2010.
- Bussi, M.G.B.; Sierpinska, A. (2000). The relevance of historical studies in designing and analyse classroom activities. In J. Fauvel; J.van Maanen, (Ed.). *History in Mathematics Education*. (The ICMI Study). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. Pp. 154-161.
- Bybee, R. W.; Powell, J. C.; Ellis, J. D.; Giese, J. R.; Parisi, L.; Singleton, L. (1991). Integrating the History and Nature of Science and Technology in Science and Social Studies Curriculum. *Science Education*, 75 (1): 143-155.
- Cachapuz, A. F. e Paixão, M.F. (2005). A historical approach to teach the concept of the chemical element. *School Science Review*. 86(317): 91-94.
- Cachapuz, A. Sá-Chaves, I.; Paixão, F. (2004). *Saberes Básicos de todos os Cidadãos para o Século XXI*. Relatórios e Estudos. Lisboa: Conselho Nacional de Educação.
- Cachapuz, A.; Gil-Pérez, D.; Carvalho, A.M.P. ; Praia, J. ; Vilches, A. (Org.) (2005). *A Necessária Renovação do Ensino das Ciências*. São Paulo: Cortez.
- Cachapuz, A.; Praia, J.; Jorge, M. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Lisboa: Ministério da Educação, IIE.
- Carvalho, A. M. P.; Castro, R. S. (1992). La historia de la ciencia como herramienta para la enseñanza da fisica en secundaria: un ejemplo en calor y temperatura. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, 10 (3): 289-294.
- Clough, M.P. (2010). The Story Behind the Science: Bringing Science and Scientists to Life in Post-Secondary Science Education. *Science & Education*. Published online: 29 September 2010. In <http://www.springerlink.com/content/64phh4nx41754151/>

- Coelho, R. L. (2010). On the concept of force: how understanding its history can improve physics teaching. *Science & Education*, 19: 91-113.
- Cross, R. T. (1990). Science, technology and society: Social responsibility versus technological imperatives. *Australian Science Teachers Journal*, 36(3): 33-38.
- Dana, T. M. (1990). The History and Philosophy of Science: What does it means for science class rooms? *The Australian Science Teachers Journal*, 36 (1), 21-26.
- Decreto-Lei n.º 239/2007. D.R. n.º 116, Série I de 2007-06-19.
- Duschl, R. A.; Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (Eds.). (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, D.C.: National Research Council: The National Academics Press.
- Echeverría, J. (1995). *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Ediciones Akal.
- Echeverría, J. (1999). *Introducción a la metodología de la ciencia. La Filosofía de la ciencia en el siglo XX*. Madrid: Ediciones Catedra.
- Esteban-Santos, S. (2001). *Introducción a la Historia de la Química*. Madrid: UNED Ediciones.
- Fernández, I.; Gil-Pérez, D.; Carrascosa, J.; Cachapuz, A.; e Praia, J. (2002). Visiones Deformadas de la Ciencia transmitidas por la Enseñanza. Uma revisão bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3): 477-488.
- Feyerabend, P.K. (1991a). *Diálogo sobre o método*. Lisboa: Editorial Presença.
- Feyerabend, P. (1991b). *Adeus à razão*. Lisboa: Edições 70.
- Gavroglu, K. (2007). *O passado das Ciências como História*. Porto: Porto Editora.
- Giere, R.N. (1988). *Explaining Science*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Giere, R.N. (1992). The cognitive construction of scientific knowledge. *Social Studies of Science*, 22: 95-107.
- Gil-Pérez, D. (1992). Contribución de la historia y filosofía de las ciencias a la transformacion de la enseñanza de las ciencias. Comunicação apresentada na *International Conference on history of Physical- Mathematical Sciences and the Teaching of Sciences*. Madrid.
- Gil-Pérez, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2): 197-212.
- Hacking, I. (1983). *Representing and Intervening: Introductory Topics in the Philosophy of Science*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Hanson, N.R. [1977(1958)]: *Patrones de descubrimiento. Investigación de las bases conceptuales de la ciencia*. Madrid: Alianza.
- Hilário, T.; Reis, P.R. (2009). Potencialidades e limitações da Discussão de Controvérsias Sociocientíficas através da Representação de Papéis: Um Estudo de Caso. In F. Paixão, Jorge, F.R. *Educação e Formação: Ciência Cultura e Cidadania, Actas do XIII Encontro Nacional de Educação em Ciências*. Castelo Branco: Instituto Politécnico de Castelo Branco. Pp.: 807-815.
- Hodson, D. (1986). Philosophy of science and science education. *Journal of Philosophy of Education*, 20(2): 215-225.
- Hodson, D. (2008). *Towards Scientific Literacy. A Teachers' Guide to the History, Philosophy and Sociologie of Science*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Hodson, D. (2009). *Teaching and Learning About Science. Language, Theories, Methods, History, Traditions and Values*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Hurd, P. (1998). Scientific Literacy: New minds for a changing world. *Science Education*, 82 (3): 407-416.
- Jorge, F.R. (2008). *Formação inicial de professores do ensino básico: um percurso centrado na história da matemática*. Aveiro: Universidade de Aveiro (Tese de Doutoramento; não publicada).
- Kim, S.Y.; Irving, K.E. (2010). History of Science as an Instrumental Context: Student Learning in Genetics and Nature of Science. *Science & Education*, 19: 187-215.
- Koyré, A. [1992 (1932)]. *Estudos Galilaicos*. Lisboa: Publicações D. Quixote.
- Kuhn, T.S. (1970). Logic of discovery or psychology of research? In I. Lakatos; A. Musgrave (Ed.) *Criticism and the growth of knowledge*. New York: Cambridge University Press, 1-23.
- Kuhn, T.S. [1975(1962)]. *La Estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- Lakatos, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programmes. In I.Lakatos; A.Musgrave, (Ed.) *Criticism and the growth of knowledge*. New York: Cambridge University Press, 91-196.
- Laudan, L. [1986 (1977)]. *El progreso y sus problemas. Hacia una teoría del crecimiento científico*. Madrid: Ediciones Encuentro.
- Marques, L. (1995). Teoria da Tectónica de Placas. Contributos relativos ao seu percuso histórico. In Cachapuz, A. (Coord.): *Formação de Professores. Cadernos didácticos*. Série Ciências, (1): 47-93.

- Martins, I.P. (2003). *Literacia Científica e Contributos do Ensino Formal para a Compreensão Pública da Ciência*. Lição apresentada para Provas de Agregação. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Martins, I.P. (2006). Educação em Ciência, Cultura e Desenvolvimento. In: F. Paixão, *Educação em Ciência, Cultura e Cidadania. Encontros em Castelo Branco*. Coimbra: Alma Azul.
- Matthews, M.R. (1989). A role for history and philosophy in science teaching. *Interchange*, 20(2): 3-15.
- Matthews, M.R. (1990). Galileo and pendulum motion: a case for history and philosophy in the science classroom. *The Australian Science Teachers Journal*, 36(1): 7-13.
- Matthews, M.R. (1992). History, philosophy and science teaching: The present rapprochement. *Science & Education*, 1: 11-47.
- Matthews, M.R. (1994a). *Science teaching. The role of history and philosophy of science*. New York & London: Routledge.
- Matthews, M.R. (1994b). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2): 255-277.
- Millar, R. (1996). Towards a Science Curriculum for Public Understanding. *School Science Review*, 77: 23-32.
- Millar, R.; Osborne, J.F. (eds) (1998). *Beyond 2000: Science Education for the Future* London: King's College London.
- Monk, M.; Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: a model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81(4): 405-423.
- Newton-Smith, W.H. (1987). *La racionalidad de la ciencia*. Barcelona: Paidós.
- Níaz, M. (1994). Más allá del positivismo: una interpretación lakatosiana de la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12: 97-100.
- Níaz, M. (1995). Chemical equilibrium and Newton's third law of motion: Ontology/phylogeny revisited. *Interchange*, 26: 19-32.
- Nielsen, H.; Thomsen, P. V. (1990). History and philosophy of science in physics education. *International Journal of Science Education*, 12 (3): 308-316.
- Paixão, M.F. (1998). *Da construção do conhecimento didático na formação de professores de ciências. Conservação da Massa nas reações químicas: um estudo de índole epistemológica*. Aveiro: Universidade de Aveiro (Tese de Doutoramento; não editada).

- Paixão, M.F. (2003). *Filosofia e História da Ciência: Construir uma Nova Imagem de Ciência na Formação de Professores*. Lição apresentada à ESE-IPCB para Concurso de acesso à categoria de Professor-coordenador (Não editado). Castelo Branco.
- Paixão, F.; Cachapuz, A. (2003). Mudanças na prática de ensino da Química pela Formação dos professores em História e Filosofia da Ciência. *Química Nova na Escola*. Brasil, 18: 31-36.
- Paixão, M.F.; Cachapuz, A.F. (1998). Dimensión epistemológica de los programas de física e química e implicaciones en las prácticas de enseñanza: qué lectura hacen los profesores? In Baner, E. & Pro, A. (Coords) *Investigación e innovación en la Enseñanza de las Ciencias*. Volumen I: 284-293.
- Papadouris, N.; Constantinou, C.P. (2010). A Philosophically Informed Teaching Proposal on the Topic of Energy for Students Aged 11-14. *Science & Education*, Published online 19 October 2010.
- Popper, K. (1990). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- Popper, K.R. (1987). *O realismo e o objectivo da ciência*. Lisboa: Publicações D.Quixote.
- Praia, J.J.F.M. (1995). *Formação de professores no ensino da geologia: contributos para uma didáctica fundamentada na epistemologia das ciências. O caso da deriva continental. Volume I*. Dissertação de Doutoramento, não publicada, Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Putnam, H. (1990). *Realism With a Human Face*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Quintana-Marí, A. [2010 (1935)]. Valor de la Historia de la Ciencia como medio de Educación Integral y Específica del Individuo. Paper apresentado no VII Annual Meeting of the International Academy of the History of Science. Tradução para inglês por A. Roca-Rosell e H. Schneider, publicado em *Science & Education* (2010) 19: 919-923.
- Rorty, R. (1988). *A Filosofia e o Espelho da Natureza*. Lisboa: D. Quixote.
- Solomon, J.; Duveen, J.; Scott, L.; McCarthy, S. (1992). Teaching about the nature of science through history: Action Research in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 2 (4): 409-421.
- Sprod, T. (1993). History in science education: why, what and how. *The Australian Science Teachers Journal*, 39(1): 14-20.
- Stinner, A; McMillan, B. A.; Metz, D.; Gilek, J. M.; Klassen, S. (2003). *The renewal of Case Studies in Science & Education*, 12 (7): 617-643.

- Toulmin, S. [1977 (1972)]. *Human Understanding. The collective use and evolution of concepts*. Princeton: NJ Princeton University Press.
- UNESCO-ABIPTI (2003). In: <http://www.scribd.com/doc/3046331/Ciencia-para-o-seculo-XXI-uma-nova-visao-e-base-de-acao-UNESCO>.
- Valente, M.; Candeias, A.; Fitas, A.; Rosado, F.; Rodrigues, M. (2008). *O olho e a mão. A arte de medir*. Évora: Ciência na Cidade.
- Vandersee, J.H. (1992). The Historicality of Cognition: Implications for Science Education Research, *Journal of Research in Science Teaching* 29(4): 423–434.
- Vázquez, A.; Acevedo-Díaz, J.A.; Manassero Mas, M.A.; Acevedo Romero, P. (s/d). *Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de ciencia*. In: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo20.htm> (acedido em 15/12/2010).
- Viana, H. E. B.; Porto, P. A. (2010). Development of Dalton's Atomic Theory as a Case study in The History of Science: Reflections for Educators in Chemistry. *Science & Education* 19: 75-90.
- Villani, A.; Arruda, S.M. (1998). Special Relativity Theory, Conceptual Change and History of Science. *Science & Education*, 7 (1): 85-100.

