

LITERACIA CIENTÍFICA E CONTRIBUTOS DO ENSINO FORMAL PARA A COMPREENSÃO PÚBLICA DA CIÊNCIA

Isabel P. Martins¹

1. INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

A Lição sintetizada neste Sumário destina-se a dar cumprimento ao estabelecido no nº 1, alínea b), do artigo 9º, do Decreto-Lei nº 301/72, de 14 de Agosto, com vista à prestação de Provas para obtenção do Título de Agregada em Educação.

A temática abordada apresenta-se sob o título *Literacia científica e contributos do ensino formal para a compreensão pública da Ciência* e pode enquadrar-se na disciplina de *Didáctica das Ciências no Ensino Básico*, do *Mestrado em Educação em Ciências no 1.º Ciclo do Ensino Básico*, sobre a qual se desenvolveu o Relatório objecto de apreciação nestas Provas. O enquadramento desta Lição na disciplina pode ser feito em um de dois momentos.

Um deles será no início do programa, na Unidade I, para fomentar a sensibilização dos professores-formandos sobre a importância do desenvolvimento da literacia científica dos cidadãos, ajustada às necessidades dos seus papéis sociais, como veículo de crescimento pessoal e algo que contribui, em cada indivíduo,

¹ Maria Isabel Tavares Pinheiro Martins
Agregação no Grupo/subgrupo 02 - Educação (Didáctica das Ciências)
Universidade de Aveiro, janeiro 2004

para uma parte da compreensão do mundo e dos seus problemas. Esta posição, que não é isenta de polémicas, remete para uma reorientação do ensino formal das Ciências desde os primeiros anos de escolaridade, cuja exploração didáctica se fará no desenvolvimento posterior do programa da disciplina.

A segunda possibilidade de direccionamento da Lição poderá ser no final da disciplina como sistematização de orientações propostas para o ensino formal das Ciências, apresentadas e desenvolvidas em diferentes momentos do programa. Perspectivas de desenvolvimento curricular, orientações metodológicas defendidas e referentes epistemológicos sobre o conhecimento científico, poderão ser, agora, articulados e melhor compreendidos.

Para além destas possibilidades e dado o nível de abordagem a imprimir à Lição, considera-se que esta pode também ajustar-se a um Seminário inserido em outros Cursos de Mestrado para Professores de Ciências de outros níveis de escolaridade.

1.2 A escolha do Tema

A decisão sobre uma temática para o desenvolvimento de uma Lição Síntese pode situar-se em três níveis: a saliência do tema no âmbito da educação em Ciências, o carácter polémico de aspectos ainda não resolvidos que possa encerrar e o da sua pertinência para o público-alvo. Foi da conjugação destes três requisitos que se optou pelo tema em referência. De facto, a literacia científica é um assunto de âmbito social que interessa e preocupa todos aqueles que se debruçam sobre questões de formação e educação e que transcende o âmbito escolar. O desenvolvimento científico e tecnológico actual colocou esta temática no centro das preocupações, fazendo dela, por vezes, um *slogan* para reformular orientações a dar ao ensino formal das Ciências, o que nos leva à justificação da sua abordagem para professores, num curso de Mestrado. No entanto, apesar da sua pertinência e centralidade, confirmadas pela proliferação de publicações que lhe são dedicadas (revistas periódicas e livros), pelas centenas de comunicações apresentadas em conferências, congressos e seminários, prevalece e acentua-se a ideia de que se trata de uma problemática difícil (porventura impossível) de alcançar consenso. Também por isso, têm sido muito abrangentes os contributos provenientes de diversas áreas, reforçando o quadro teórico, estabelecendo novos referenciais e, sobretudo, confirmando que a literacia científica é um conceito em evolução que tem a ver com a educação formal e não formal, as quais não basta estarem estruturadas, mas devem estar articuladas entre si e serem pensadas para públicos de todas as idades.

A questão da literacia científica não é um tema apenas para educadores, nem algo que diga respeito apenas a público escolar. É um assunto que interessa a cada um dos indivíduos durante toda a vida e para o qual a sociedade deve ter mecanismos de apoio e de avaliação.

Apresentar e discutir alguns dos aspectos conceptuais controversos, justificar a sua pertinência no mundo contemporâneo, discutir formas de avaliar níveis de compreensão da ciência alcançados pela população e estabelecer orientações a propor em contexto escolar com vista à literacia científica dos alunos é o propósito desta *Lição Síntese*.

1.3 Objectivos da Lição

Como **Objectivos Gerais da Lição** indicam-se os seguintes:

1. Fundamentar a pertinência educacional (pessoal e social) da literacia científica de todos os cidadãos nas sociedades contemporâneas.
2. Confrontar diferentes perspectivas conceptuais de literacia científica.
3. Analisar algumas controvérsias na comunidade científica sobre o conceito de literacia científica.
4. Apresentar perspectivas distintas de avaliação da literacia científica e fundamentar as diferenças conceptuais.
5. Descrever o Estudo de Avaliação Internacional PISA, caracterizar o respectivo quadro conceptual de referência e analisar implicações dos resultados.
6. Relacionar os conceitos de literacia científica e compreensão pública da ciência.
7. Analisar implicações para o ensino das Ciências norteado por ideais de literacia científica dos alunos, em particular, quais os princípios em que se deve basear o ensino das Ciências e a conceptualização de Currículos e Programas.
8. Explicitar razões para a necessidade de promover a articulação entre o ensino formal e não formal das Ciências, na perspectiva da literacia científica.

2. LITERACIA CIENTÍFICA – UMA PERSPECTIVA CULTURAL

2.1. LITERACIA CIENTÍFICA – OBJECTIVO CULTURAL NO MUNDO CONTEMPORÂNEO

Os progressos verificados na educação formal na segunda metade do século XX, trazendo mais crianças e jovens à escola e durante mais tempo, tiveram também repercussão sobre a discussão do próprio conceito de educação e das componentes que deveria conter. A pouco e pouco foi-se passando de uma lógica de valorização do “aprender o que era sabido” para o de “alcançar competências para saber aprender”. A educação em Ciências não fugiu a esta influência, defendendo muitos autores abordagens de cariz externalista para o ensino das Ciências. Paralelamente é repensado o modelo de articulação entre cultura e ciência. De uma visão dicotómica “*ciência e cultura*”, passa-se a um modelo linear “*ciência para a cultura*” e, por fim, ao modelo de “*ciência como cultura*” (Godin, 1999). Esta última posição, a qual defendemos (Martins, 2002), considera que as actividades científicas decorrem em ambiente social e a sociedade incorpora o conhecimento científico como valor e como forma de organização da própria sociedade. Mais ainda, a cultura científica faz parte da cultura em sentido lato, independentemente de quaisquer esforços para a difundir. A ciência é parte do património das mais importantes aquisições intelectuais da humanidade. É neste contexto que se defendem e valorizam programas do tipo “Ciência para Todos” e se enquadra a expressão “ninguém pode ser considerado culto sendo inculto do ponto de vista científico”.

Nas décadas de oitenta e noventa do século XX foi emergindo uma consciencialização crescente sobre a necessidade de promover, de forma eficaz, uma formação geral dos cidadãos no domínio das Ciências e Tecnologias, não apenas em saberes específicos de conteúdo mas, sobretudo, sobre a relevância do conhecimento científico e tecnológico como dimensão imprescindível para a compreensão dos problemas do mundo e para a construção de propostas de resolução que permitam minorá-los. Tais preocupações reflectiram-se, e estão a reflectir-se, numa enorme pressão sobre a necessidade de promover revisões curriculares (Hurd, 1994). Em pouco mais de uma década surgiram cerca de 400 relatórios sobre propostas de revisão dos currículos escolares muitas delas mencionando a educação em ciências. De acordo com a UNESCO, em meados dos anos noventa 141 países tinham em curso reformas ou revisões dos currículos e/ou programas de ciências mas a única coisa que apresentavam em comum era a orientação de “aprender a aprender” (Hurd, 1994). De entre as orientações e propostas curriculares para o ensino das Ciências de maior repercussão em

diversos pontos do mundo destaca-se o *Project 2061: Science for all Americans* (Rutherford e Ahlgren, 1990) e os documentos subsequentes (AAAS, 1993; NRC, 1996) e, no contexto europeu, *Beyond 2000: Science Education for the Future* (Millar e Osborne, 1998). No entanto, a discussão sobre a importância da Ciência e Tecnologia para a sociedade está hoje ultrapassada. Está perfeitamente assumido por entidades governamentais e não governamentais que o progresso científico e tecnológico é determinante para o desenvolvimento económico e para a qualidade de vida das pessoas. O que se discute actualmente são os critérios de financiamento, a avaliação e o controlo das decisões sobre os objectivos da actividade tecnocientífica (Martín-Gordillo e Osório, 2003).

Ora, apesar dos esforços desenvolvidos em contexto escolar, estamos ainda longe de ver resultados positivos generalizados de entusiasmo dos jovens pelas Ciências e Tecnologias. Pelo contrário, vários estudos em contexto escolar atestam o fracasso das aprendizagens de e sobre Ciências (TIMSS, PISA 2000), um desinteresse dos jovens pelo prosseguimento de estudos nessa área, mais acentuado nos países industrializados (Fourez, 2002 e Sjoberg, 2003, citados em Acevedo, 2004), um decréscimo na motivação para o estudo das ciências à medida que a escolaridade progride (Walberg e Paik, 1997) e até o desenvolvimento de atitudes negativas face à Ciência, nos ensinos secundário e superior (Simpson et al., 1994; Aikenhead, 2002). No entanto, é relativamente raro o debate público sobre que conteúdos incluir nos programas escolares (Martín-Gordillo e Osório, 2003).

A par desta situação preocupante no contexto escolar, existem indicadores da enorme dimensão do desinteresse e mesmo oposição do público face à ciência mesmo em sociedades de elevado nível económico e de escolarização (Sjoberg, 1997). Através do movimento internacional dedicado a definir e avaliar o nível de compreensão pública da ciência apresentada pelos cidadãos, foi possível apurar a existência de situações consideradas como deprimentes, mesmo nos países desenvolvidos. Por exemplo, nos países do norte da Europa (Sjoberg, 1997), onde se regista o maior consumo individual de computadores pessoais, de telefones portáteis, onde se obtiveram posições de destaque nos testes de avaliação de literacia dos alunos (caso do estudo PISA 2000), têm vindo a crescer os movimentos anti e pseudo-ciência, astrologia, ovniologia, magia, ocultismo, espiritismo, misticismo, cartomania e outros afins. A situação é de tal modo insólita que muitos autores se interrogam sobre se a designação mais adequada da época actual não será apenas a 'New Age' em vez da 'Era do Espaço', a 'Era Atómica' ou a 'Era da Informação'. O movimento anti-ciência é tão profundo que em muitas livrarias chegam a existir mais livros sobre astrologia do que sobre astronomia, diz-se que em Paris há mais

curandeiros do que médicos, que nos Estados Unidos 50% dos americanos acreditam em milagres e que dirigentes políticos se aconselham com astrólogos e pedem à população para rezar como forma de evitar, ou minorar, efeitos de catástrofes (Sjoberg, 1997).

Este fenómeno social, assim tem sido designado, tem merecido a atenção de muitos cientistas e vários textos têm sido produzidos para combater a atitude anti-ciência que prolifera nas sociedades. Por exemplo, as obras de Holton (1993), de Charpak e Broch (2002) e de Dias de Deus (2003), embora com abordagens distintas, procuram mostrar como a ignorância e a recusa do conhecimento científico são, porventura, a causa mais profunda do subdesenvolvimento. No entanto, e apesar da pertinência destes textos, eles são por certo mais lidos pelos seus adeptos do que pelos seus opositores. Neste enquadramento parece-nos, pois, que a Escola deverá dedicar particular atenção ao problema no sentido de contrariar (e anular!) esta tendência social alimentada, muitas vezes, pelos órgãos de comunicação.

2.2. LITERACIA CIENTÍFICA - CONCEITOS EM CONTEXTO

A discussão do(s) conceito(s) de literacia científica implica que nos debrucemos primeiro sobre o conceito, mais geral, de literacia. As últimas décadas foram particularmente ricas no aumento da consciência social sobre a importância das competências de literacia dos indivíduos a nível pessoal e para o bem estar sócio-económico das nações, repercutindo-se na preocupação em precisar o(s) significado(s) do termo e definir padrões de literacia com aceitação internacional, o que veio contribuir para tornar mais visíveis as insuficiências na literacia dos cidadãos e, por isso, a necessidade de encontrar vias para as superar (Wearmouth *et al*, 2003). Debates em torno destas questões surgiram então em diversos pontos do Mundo, quase sempre apontando caminhos para intervenções nos currículos escolares. No entanto, as perspectivas orientadoras das intervenções foram/são muito diversas quanto aos aspectos cognitivos, psicológicos e sócio-culturais que integram, reflectindo-se essas diferenças também nas políticas e práticas de desenvolvimento da literacia e até nos estudos sobre a literacia das populações.

Uma iniciativa digna de registo decorreu aquando do *World Forum on Education for All*, realizado em Dakar em 2000, no qual se iniciou a preparação da Década da Literacia das Nações Unidas: 2003-2012. Em 2002, sob os auspícios da UNESCO, decorreu uma Mesa-Redonda Internacional da qual resultou uma obra importantíssima para o aprofundamento do conceito de

literacia como um instrumento de liberdade dos povos e, por isso, um pilar do desenvolvimento humano: *Literacy as Freedom. A UNESCO Round-table* (Aksornkool, 2003). A Década da Literacia das Nações Unidas pretende dirigir a atenção e reflexão sobre o conceito de literacia, romper com velhos mitos como o de imaginar que a literacia é algo que se pode medir em absoluto e, conseqüentemente, servir para comparar povos e nações e, sobretudo, alertar para a ideia de que a promoção da literacia de todas as pessoas não deve estar confinada à escola, embora esta desempenhe um papel fundamental na motivação para a aprendizagem permanente, em particular através da educação não formal, a qual deve continuar ao longo de toda a vida. A expressão “Literacy as Freedom” tem, nas palavras de Sen (2003), o significado de que “não há nada mais fundamental na educação do que a literacia”.

Embora o conceito de iliteracia não seja sinónimo de analfabetismo literal, esta situação é no século XXI ainda muito preocupante à escala mundial. Assim, segundo o *Relatório do Desenvolvimento Humano 2003* (PNUD, 2003), “*dos 680 milhões de crianças dos países em desenvolvimento em idade de frequentar o ensino primário, 115 milhões não frequentam a escola. Além disso, a entrada na escola não significa que completem a escolarização. Reflectindo estas insuficiências, um quarto dos adultos dos países em desenvolvimento não sabe ler nem escrever. Estima-se que no mundo existam ainda 879 milhões de adultos analfabetos*”. Entre as razões para esta situação apontam-se os recursos económicos limitados, desigualdades no acesso à educação e ineficiência nos próprios sistemas de ensino. Um dos objectivos de Desenvolvimento do Milénio proclamado em 2000, na Declaração do Milénio da ONU, foi “Alcançar o ensino primário universal” (Objectivo 2), estabelecendo como meta “*Assegurar, até 2015, que as crianças em toda a parte, tanto rapazes como raparigas, conseguirão concluir um curso completo de ensino primário*” (PNUD, 2003).

Em Portugal o primeiro Estudo Nacional de Literacia foi conduzido pelo Conselho Nacional de Educação e a Fundação Calouste Gulbenkian e iniciado em 1993. Nele se assumiu como conceito de literacia “a capacidade de extrair significado do material (escrito, informático) disponível e os hábitos subjacentes a essa prática” (CNE, 1996). Os resultados alcançados com uma amostra representativa da população dos 15 aos 64 anos, em Portugal Continental, são verdadeiramente preocupantes, quer em competências evidenciadas, quer em níveis de escolarização concluídos, aspectos que devem merecer a atenção prioritária de responsáveis políticos, educadores e cientistas. É neste quadro de preocupação muito alargada, em domínios e em extensão, que assumimos como importante uma reflexão aprofundada sobre o tema da Literacia Científica.

O termo/vocábulo “literacia científica” entrou na linguagem de educadores, formadores e políticos da educação. De um modo geral, quase todos consideram que o ensino das Ciências em contexto escolar deve capacitar os alunos com um nível de literacia científica adequado, embora não exista acordo sobre o que se entende por adequado, para este fim (DeBoer, 2000).

Nem a própria designação é isenta de problemas, já que na literatura da especialidade se encontram termos como “compreensão pública da ciência”, “cultura científica”, “literacia científica” e ainda “alfabetização científica”. Literacia é o vocábulo mais usado nos Estados Unidos, enquanto compreensão pública da ciência é a designação preferida em países anglo-saxónicos. Em países francófonos abundam os termos alfabetização científica e cultura científica, este o adoptado, aliás, pela UNESCO.

Em Portugal utilizam-se praticamente todos os termos, consoante as fontes de referência. Por exemplo, aquando da avaliação das competências dos alunos no estudo OCDE/PISA falou-se em “literacia”, nos inquéritos a público adulto em comparações internacionais usou-se “cultura científica”, e em estudos recentes conduzidos por autores portugueses no âmbito da sociologia da ciência é usada a designação “compreensão pública da ciência/compreensão da ciência pelo público” (por exemplo, Gonçalves 1996; 2000; 2002; Costa *et al.*, 2002).

Literacia científica é um conceito surgido há quase cinquenta anos, utilizado pela primeira vez nos Estados Unidos da América, nos anos 50 (século XX), atribuindo-se a Hurd, em 1958 (citado em Hurd, 1998), ter explicitado a ideia de que o público em geral deveria saber alguma coisa da ciência actual em cada época, o que deveria ter implicações no desenho dos currículos escolares (DeBoer, 2000). Vários foram os autores que ao longo de décadas apuraram o conceito (Laugksch, 2000, refere Pella *et al.*, 1966; Showalter, 1974; Shen, 1975; Branscomb, 1981; Miller, 1983; Arons, 1983; Hirsch, 1987; Hazen e Trefil, 1991; aos quais se acrescenta ainda Layton *et al.*, 1986; AAAS, 1989, 1993; Shamos, 1995; NRC, 1996; Bybee, 1997; Hurd, 1958, 1998; Laugksch, 2000; Fensham, 2002, entre outros), desenvolveram modelos e instrumentos para medir o nível alcançado pelos cidadãos (por exemplo, Miller, 1983; Bybee, 1997) e conceberam projectos de organização e desenvolvimento do ensino das Ciências com vista a uma maior eficácia na consecução desse objectivo (AAAS, 1989, 1993; NRC, 1996; Millar, 1996; Millar e Osborne, 1998).

A clarificação do conceito de literacia tornou-se num aspecto crucial para a concepção de modelos e práticas de ensino das Ciências. Logo na década de sessenta se iniciaram projectos curriculares (destacam-se os conduzidos pela *National Science Foundation*, nos EUA) que colocavam a ênfase não apenas nos conteúdos da ciência mas também nos processos próprios da construção do

conhecimento, em questões éticas levantadas pela actividade dos cientistas e ainda nas relações entre a ciência e outras áreas do saber. No fundo, os autores das propostas defendiam já que deveria haver uma maior preocupação com a utilização do conhecimento científico para benefício individual e progresso social, daí que todos deveriam ter acesso àquilo que era básico em tal conhecimento, isto é, “uma ciência para todos” (Layton, 1973, citado em Hurd, 1998).

Um dos primeiros trabalhos que procuraram introduzir uma definição operacional do conceito de literacia científica é atribuído a Pella, O’Hearn e Gale, em 1966 (citado em Laugksch, 2000), conduzido sobre 100 artigos criteriosamente escolhidos de entre os publicados nos 18 anos anteriores. Concluíram então estes autores que eram privilegiados atributos como a compreensão das inter-relações ciência-sociedade, a dimensão ética do trabalho dos cientistas, a natureza da ciência, as diferenças entre ciência e tecnologia, os conceitos científicos básicos, bem como as inter-relações ciências-humanidades.

Foi na década de setenta do século XX que proliferaram as definições e interpretações, dependendo ou da filosofia dos seus autores ou das escolas/associações científicas que representavam, sem que se atingisse consenso, o que fragilizou, também, a utilidade do próprio conceito de literacia científica. Na mesma época deu-se a explosão do crescimento económico de países asiáticos o que veio fazer renascer a consciência, sobretudo norte americana, de que era preciso fazer enormes investimentos para poder reforçar quadros científicos e técnicos, para o que era necessário revitalizar o interesse de jovens e de adultos pela literacia científica, o que passava por ligar a ciência à sociedade, em particular através das aplicações tecnológicas (DeBoer, 2000).

A literacia científica, aqui entendida como a articulação entre a ciência e a sociedade, ganhou uma relevância adicional quando a *National Science Teachers Association* (NSTA) dos Estados Unidos a identificou como o objectivo mais importante da educação em ciências no documento *School Science Education for the 1970s*: “*um indivíduo literato cientificamente usa conceitos e procedimentos científicos e guia-se por valores na tomada de decisões no dia a dia ao interagir com os outros e com o ambiente e compreende as inter-relações ciência-tecnologia e outras dimensões da sociedade como a económica e a social*” (DeBoer, 2000).

Assim, oito anos após o trabalho de Pella e colaboradores, é elaborada a primeira definição teórica para o conceito de literacia científica por Showalter (1974, referido por Laugksch, 2000), apresentando sete dimensões:

1. A compreensão da natureza do conhecimento científico;
2. A utilização apropriada de conceitos, princípios, leis e teorias científicas em domínios familiares;

3. O recurso a procedimentos típicos da resolução de problemas em ciência para tomar decisões e aprofundar o seu conhecimento do Universo;
4. A interacção em situações próximas de forma consistente com valores subjacentes à actividade científica;
5. A compreensão das inter-relações ciência-tecnologia e de cada uma destas com a sociedade;
6. Uma visão do Universo mais enriquecida, mais satisfatória e mais entusiasmante como resultado de uma educação em ciência que se pretende continuar a desenvolver ao longo da vida;
7. O desenvolvimento de competências manipulativas associadas à ciência e à tecnologia.

O trabalho deste autor foi considerado, na época, uma sistematização muito elaborada e representava uma tentativa de teorização de um conceito ainda pouco definido. Ser-se literato do ponto de vista científico, nesta perspectiva, representava um ideal que cada indivíduo deveria ir desenvolvendo ao longo da sua vida.

Outra das tentativas pioneiras de clarificação do conceito terá sido feita por Shen (1975, citado em Lewenstein, 1996), ao propor, de forma pragmática, três categorias de literacia científica:

1. Literacia científica *prática*: conhecimento científico útil para viver nas sociedades modernas (por exemplo, saber que os antibióticos combatem as doenças causadas por bactérias mas não por vírus; saber que os computadores funcionam segundo instruções programadas);
2. Literacia científica *cívica*: conhecimento útil para emitir juízos sobre decisões tomadas por políticos (por exemplo, sobre saúde pública, produção de energia, protecção ambiental);
3. Literacia científica *cultural*: conhecimento que permite apreciar a beleza intelectual do saber científico (por exemplo, a estrutura helicoidal dupla do ADN, a Tabela Periódica dos Elementos Químicos).

Esta classificação dos tipos de literacia dos indivíduos apelava a aspectos de ordem pragmática, mas não é isenta de críticas. De facto, a informação necessária a cada indivíduo para se adaptar à sociedade, literacia científica prática, depende da época e da sua função social (por exemplo, a actividade profissional), a capacidade para avaliar implicações de decisões tomadas por gestores e governantes; literacia científica cívica, depende também da consciência de cada um sobre o modo

como se tomam decisões, pelo que a mesma acção poderá ser valorada de forma diferente por indivíduos distintos por razões que não envolvem necessariamente conhecimento diferente. Por fim, apreciar a harmonia intelectual de modelos e conceitos, literacia científica cultural, pode estar dependente do gosto pessoal do indivíduo pelo domínio conceptual em causa.

Apesar das críticas, uma das reacções positivas que a classificação de Shen veio despertar foi a da consciencialização de que a consolidação da democracia passava pelo envolvimento, em algum grau, dos cidadãos com o conhecimento científico e que haveria uma multiplicidade de literacias científicas práticas consoante os contextos (Jenkins, 1994).

Mas foi na década de oitenta que um novo avanço ocorreu com a operacionalização da medição, proposta por Miller, do grau de literacia científica dos indivíduos (Miller, 1983, citado em Laugksch, 2000; Miller, 1994), em três dimensões por ele consideradas fundamentais numa sociedade democrática de cariz científico-tecnológico: a compreensão das normas e métodos da ciência (i. e., a natureza da ciência), a compreensão de termos e conceitos base da ciência (i. e., o conteúdo das ciências) e a consciencialização do impacto da ciência e da tecnologia na sociedade (i. e., questões de política científica e, portanto, das estruturas institucionais produtoras e reguladoras da actividade científica). O trabalho de Miller despertou a comunidade científica e alguns políticos norte americanos para a necessidade de repensar a formação em ciências dos cidadãos: apenas uma percentagem reduzida (7%) de americanos adultos apresentava um nível razoável de literacia científica (Miller, 1994).

Apesar das controvérsias geradas em torno dos resultados obtidos, considerados desastrosos por uns e compreensíveis por outros dada a especificidade dos assuntos em questão, os testes de medição da literacia estenderam-se a outros países da Europa e têm vindo a ser administrados periodicamente e os seus resultados continuam a revelar níveis muito baixos de consecução, preocupantes em muitos casos. A este assunto voltaremos na secção 3.2.

Uma posição teórica diferente e geradora de grandes polémicas entre aqueles que defendiam a literacia científica como um propósito da educação em ciências, foi desenvolvida por Shamos em meados da década de noventa. Para este autor (Shamos, 1995) o conceito de literacia científica pode ser visto segundo três níveis de complexidade crescente.

O primeiro corresponde à literacia científica *cultural*, proposto anteriormente por Hirsch (1987, citado em Laugksch, 2000), a qual traduz o conhecimento do léxico e do conteúdo da ciência que permite acompanhar a divulgação da ciência, e os debates que ocorrem na sociedade. Reflecte, na perspectiva de Shamos, uma posição passiva dos indivíduos perante a ciência.

O segundo nível, designado por literacia científica *funcional*, é de cariz activo pois além de conhecerem o vocabulário científico os indivíduos são capazes de ler, compreender e também de comunicar com outros.

O terceiro nível, a literacia científica *verdadeira*, exige que os indivíduos conheçam como se gerou o próprio conhecimento científico, meta praticamente impossível de alcançar dada a diversidade e especificidade dos domínios científicos.

Ora, como Shamos considera que a literacia científica deveria contemplar os três níveis, tal conceito, no seu entender, não passa de um mito. Mais ainda, para Shamos a literacia científica como objectivo da educação em ciências é pura perda de tempo e de recursos, os temas sociais que poderão interessar os alunos ou têm pouca ciência associada ou então essa ciência é demasiado complexa para que os alunos a possam compreender, pelo que em vez de se pretender que os indivíduos alcancem competências para elaborar juízos sobre questões sociais, aquilo que deveria ser feito era promover e facilitar o acesso do público aos especialistas. Para Shamos os programas das disciplinas de ciências deveriam ser predominantemente centrados na tecnologia pois é aí que reside o interesse prático e teórico do público já que a ciência é demasiado abstracta. Os conteúdos de ciências deveriam, assim, ser reduzidos ao estritamente necessário para compreender a natureza da ciência e os seus processos. Neste contexto, para Shamos, literacia científica poderia significar:

- (1) estar consciente da relação funcional ciência-tecnologia;
- (2) saber do que trata a ciência mesmo sabendo pouco de ciências;
- (3) ter percepção do que é possível esperar da ciência; e
- (4) saber como é que o público pode intervir nas questões sociais, usando conhecimento científico.

No entanto, esta não é a posição de outros autores que defendem uma visão funcional de literacia científica para fins sociais específicos. Por exemplo, Layton, Davey e Jenkins (1986) consideram que o público adulto deve ser um consumidor informado e, portanto, um utilizador de conhecimento científico em contextos próprios, finalidade para a qual o ensino das ciências deve ser orientado.

Programas de educação formal e não formal enfatizando a relevância social e cultural da ciência numa sociedade científica e tecnológica, atribuindo a esta dimensão do conhecimento competências específicas de responsabilidade social, foram concebidos e postos em prática. Tais programas culminaram nos anos 90 com a produção pela *American Association for the Advancement of Science* (AAAS) de importantes documentos organizadores dos currículos do ensino não superior. Destacam-se em particular *Benchmarks for Science Literacy* (AAAS, 1993; 2000)

e *National Science Education Standards* (NRC, 1996), produzidos por equipas alargadas de especialistas provenientes de diversos domínios científicos. Neles são explicitados os princípios que deveriam orientar o desenho dos currículos escolares, a formação de professores, as práticas de ensino, a concepção de recursos didácticos e até o projecto educativo de Escola.

De acordo com o *National Research Council* (1996), o documento *National Science Education Standards*, explicita o que deve entender-se por literacia científica: “*conhecimento e compreensão de conceitos científicos bem como de processos necessários para a tomada de decisões a nível pessoal, para a participação em assuntos cívicos e culturais e ainda para a produtividade a nível económico*”. Para que isto possa ser alcançado é necessário cada indivíduo ser capaz de:

1. questionar, pesquisar e responder a questões do quotidiano que a própria curiosidade lhe despertou;
2. descrever, explicar e prever fenómenos naturais correntes;
3. interpretar textos de divulgação científica e envolver-se socialmente na discussão da validade das conclusões neles apresentadas e das metodologias utilizadas;
4. identificar questões de natureza científica subjacentes a decisões de âmbito nacional e local;
5. assumir e exprimir posições fundamentadas em conhecimentos científico-tecnológicos;
6. avaliar a qualidade da informação científica com base nas fontes e nos métodos usados para a produzir;
7. argumentar com base em evidências científicas.

Também aqui os autores defendem a ideia de que existem diferentes graus e formas de literacia científica, a qual se vai desenvolvendo durante toda a vida e não apenas em contexto escolar. No entanto, as atitudes e valores relativamente à ciência desenvolvidas nos primeiros anos condicionam o indivíduo adulto no modo como este se envolve com a ciência.

Também Bybee (1997) rejeita a ideia da classificação dicotómica dos indivíduos em “ser ou não ser literato cientificamente” e propõe um modelo de avaliação do grau de literacia científica e tecnológica dos indivíduos, o qual depende do contexto, do domínio e do tópico em apreciação, isto é, a posição de cada indivíduo na escala de classificação poderá não ser (não é) sempre a mesma para todos os domínios científicos. A escala é composta por cinco níveis:

1. *Iliteracia* científica quando não tem capacidade cognitiva para compreender a própria questão ou de a situar dentro de um domínio específico.
2. Literacia científica e tecnológica *nominal* quando reconhece termos, tópicos e assuntos científicos, mas tem pouco conhecimento sobre eles. Apenas apresenta definições simples sobre os conceitos, quase sempre memorizadas, evidencia com frequência concepções intuitivas e/ou alternativas.
3. Literacia científica e tecnológica *funcional* quando sabe usar vocabulário em contexto específico, por exemplo, para acompanhar o sentido de uma notícia, mas sem conhecer a teoria das disciplinas de base. Apenas associa os termos com grandes áreas disciplinares.
4. Literacia científica e tecnológica *conceptual* e *processual* quando é capaz de situar conceitos numa dada disciplina, relacionando-os com conceitos mais abrangentes. Conhece a estrutura das disciplinas e os procedimentos para desenvolver novo conhecimento. A nível processual isso significa que é capaz de resolver problemas específicos, aplicando procedimentos de metodologia científica.
5. Literacia científica e tecnológica *multifuncional* significa que é capaz de se envolver no questionamento filosófico, histórico e social das disciplinas, estabelecendo ligações entre elas, entre ciência e tecnologia, e entre ciência/tecnologia e temáticas sociais.

A proposta de Bybee acentua a impossibilidade de qualquer indivíduo estar habilitado, ao mesmo nível, para todos os domínios do conhecimento, pelo que a avaliação do grau alcançado deverá sempre ser referido a um dado contexto.

Uma posição mais pragmática sobre a viabilidade duma literacia científica alcançável pelos indivíduos é apresentada por Sjöberg (1997) que defende não ser nunca possível definir quais os saberes que qualquer cidadão deveria ter para poder pertencer ao grupo dos classificados como cientificamente literatos. Para este autor trata-se, portanto, de uma questão de retórica quando referenciada numa escala absoluta. Por oposição, o conceito é válido quando definido em contextos particulares e deverá restringir-se à *literacia* do tipo *funcional*. No entanto, é possível apontar três dimensões distintas para caracterizar o tipo de literacia científica detido:

1. *Ciência como produto*: o conhecimento científico é reconhecido como uma construção humana, sujeito a mudanças, mas relativamente estável e cumulativo;

2. *Ciência como processo*: a construção do conhecimento científico implica o recurso a procedimentos de resolução de problemas, de recolha, análise e confrontação de dados através de metodologias próprias de cada domínio científico;
3. *Ciência como instituição social*: a comunidade científica é um elemento importante da sociedade, com os seus valores, normas, ideais, interesses e prioridades o que confere à Ciência uma dimensão externalista a qual importa compreender.

Na perspectiva de Hurd (1998), e quarenta anos após o seu primeiro artigo sobre o tema, a literacia científica na sua concepção actual é um conceito que abarca competências muito diversas e complexas, incluindo algumas do foro epistemológico, ligadas ao carácter evolutivo da própria ciência, e numa relação estreita com a tecnologia. Assim, Hurd adianta que a literacia científica dos cidadãos se reflectirá na competência *cívica* necessária a cada um para o desenvolvimento de um pensamento racional sobre a ciência do ponto de vista pessoal, social, político e económico regulador de decisões que, necessariamente, tomará ao longo da sua vida. Esta posição reflecte o reconhecimento do impacte da ciência na cultura, na vida diária e ainda na evolução da própria democracia. Nesta perspectiva cívica, Hurd (1998) enumera as competências que um indivíduo literato cientificamente deverá deter na época actual:

1. Distinguir teorias de dogmas, dados de mitos, ciência de pseudo-ciência, evidência de propaganda, factos de ficção, conhecimento de opinião.
2. Reconhecer a natureza da ciência como cumulativa, tentativa e céptica; reconhecer as limitações do questionamento em ciência e das explicações do tipo causal, bem com das decisões com base no conhecimento científico e tecnológico; reconhecer a necessidade de evidências suficientes e de conhecimento estabelecido para fundamentar posições e elaborar críticas e reclamações.
3. Reconhecer que a ciência e a tecnologia em contextos sociais têm implicações a nível ambiental, social, político e económico; reconhecer a influência da sociedade na ciência e na tecnologia.
4. Saber como analisar dados, reconhecer que alguns problemas sociais podem ter mais do que uma resposta aceitável e que tais problemas são, em geral, de natureza multidisciplinar, envolvendo também dimensões culturais, éticas e morais, e a sua resolução exige intervenções consertadas mais do que acções individuais, e ainda que soluções a curto e a longo termo poderão ter respostas diferentes.

Em suma, para Hurd (1998), ser-se literato do ponto de vista científico é possuir uma imagem actual da ciência na sociedade, tendo em conta mudanças que estão a ocorrer dentro da própria Ciência, pelo que a explicitação de competências de literacia científica ocorrerá através do processo de aquisição, análise, síntese, descodificação, avaliação e utilização de saberes em ciência e tecnologia em contextos humanos pessoais e sociais. Apesar do carácter ambicioso, e por isso problemático para muitos, que esta visão encerra, não podemos ignorar que uma das mudanças mais marcantes dos últimos cinquenta anos tenha sido a natureza prática do conhecimento científico, virado para os aspectos funcionais como o bem-estar humano, o desenvolvimento económico, o progresso social e a qualidade de vida. Daí que saber lidar com situações-problema em contexto real seja, legitimamente, uma preocupação do desenvolvimento humano.

Outro tipo de classificação de tipos de literacia científica foi concebido por Kemp (2002) a partir de elementos fornecidos por especialistas de Educação em Ciências, eles próprios auto-intitulados como literatos cientificamente, permitindo a Kemp estabelecer, empiricamente, três categorias: literacia científica *pessoal*; literacia científica *prática*; literacia científica *formal*. O trabalho desenvolvido por Kemp reforça a fragilidade do conceito em si, quer pela polissemia do termo, quer pela forma de o operacionalizar. Assim, acentua-se a ideia de que se trata de um conceito complexo o qual se pode exprimir por diversos atributos susceptíveis de serem classificados em três *dimensões*: a *dimensão conceptual* (conhecimento e compreensão de conceitos e de relações ciência-sociedade), a *dimensão processual* (procedimentos e capacidades para adquirir informação, usar ciência no dia-a-dia, descodificar comunicação em ciência) e a *dimensão afectiva* (atributos como emoções, atitudes, valores e interesse pela ciência).

A partir das razões evidenciadas pelos especialistas consultados, analisadas segundo duas escalas distintas (interesse individual *versus* social; utilidade prática *versus* teórica), foi possível definir quatro *domínios*, não necessariamente exclusivos uns dos outros para cada indivíduo: o prático individual; o prático social; o humanitário; e o pessoal estético. Da articulação entre cada um destes quatro domínios e as dimensões conceptual e processual emergiram as três categorias de literacia científica.

1. Na *literacia científica pessoal* releva-se a articulação da dimensão conceptual com os domínios individuais (prático ou estético).
2. Na *literacia científica prática* inclui-se a articulação da dimensão processual com os domínios práticos (individual ou social).

3. Na *literacia científica formal* incluem-se articulações entre qualquer das duas dimensões (conceptual e processual) e qualquer dos quatro domínios (individual e social, prático e teórico).

Uma análise do conceito de literacia científica não poderá nunca omitir o pensamento de Fensham pela importância do seu contributo pioneiro no desenvolvimento da Educação em Ciência como domínio científico autónomo. Na apresentação do livro *“A Vision for Science Education”* (Cross, 2003), elaborado com o contributo de dezasseis eminentes investigadores de diversos pontos do mundo sobre a obra de Fensham, escreve o editor: *“One of the most important and consistent voices in the reform of science education over the last thirty years has been that of Peter Fensham. His vision of a democratic and socially responsible science education for all has inspired change in schools and colleges throughout the world”*. Conceitos como “Science for All”, “STS education”, “STS-like curriculum”, foram particularmente trabalhados por Fensham.

Recentemente Fensham (2002a; 2002b) reflecte sobre os resultados alcançados na última década, após o lançamento do maior projecto curricular em contexto formal numa perspectiva cultural da ciência, isto é, de literacia científica – *Science for All Americans* (AAAS, 1989; 1993) e tece várias considerações as quais vieram provocar forte reacção na comunidade científica da especialidade.

A primeira é de que as expectativas criadas sobre o ensino e a aprendizagem através de tais currículos eram irrealistas em extensão e profundidade. Referindo-se aos *Benchmarks*, Fensham comenta que eles recomendam mais ciência do que aquela que alguma vez esteve no currículo mesmo quando ele era apenas para elites. Em 1996, a *US National Academy of Science* acrescentou uma nova lista de “science knowing” o que, necessariamente, levanta a questão do que omitir para incluir os novos tópicos.

A segunda apreciação de Fensham prende-se com as dificuldades dos próprios professores em gerirem com confiança tais currículos, já que 40% dos temas estão nos níveis elementares onde a formação dos professores em ciências é reconhecida como mais débil.

A terceira é da falsa atracção por tais propostas curriculares por parte dos alunos, já que não existem nesses currículos exemplos de conteúdos baseados em experiências sociais dos cidadãos e dos jovens, em particular. Aliás, pode mesmo afirmar-se que públicos diferenciados terão interesses e necessidades distintas, o que remete para a questão sobre que tipo de conhecimentos e capacidades mensuráveis permitem funcionar melhor no plano pessoal e social, na sociedade contemporânea. Mais, quais são os conteúdos transversais relativamente aos quais

os indivíduos são confrontados com a necessidade de ter algum conhecimento científico e que tipo de conhecimento é esse.

A quarta consideração decorre das divergências existentes sobre o próprio conceito de literacia científica. Para Fensham a questão central é qual o significado de “Ciência para Todos” em contexto escolar, o que interroga sobre o que deve ser ensinado na escola. Diferenças de significados aqui atribuídos, posição que defendemos já que Ciência para Todos não significa a *mesma* Ciência para Todos, vêm pôr em causa a legitimidade das comparações internacionais de avaliação de competências dos alunos através de testes estandardizados (caso do estudo OCDE/PISA 2000), com as consequentes ilações sobre quais são os alunos mais e os menos competentes, os melhores e os piores sistemas educativos.

2.3. LITERACIA CIENTÍFICA - UMA ANÁLISE DOS CONCEITOS

A variedade de definições e interpretações do conceito de literacia científica que emergiram nas últimas quatro décadas reflecte diferentes modos de enquadrar a importância do saber científico na sociedade, o modo como cada um tem o direito de a ele aceder e o dever de o explicitar e pôr em prática. Apesar das diferenças registadas é possível encontrar aspectos transversais comuns a várias definições. Assim, e numa perspectiva descritiva (Laugksch, 2000), poderemos apontar para três modelos/tipos de literacia: erudita, competente e funcional.

1. Na *literacia erudita* releva-se a importância do conhecimento como um valor intelectual, independentemente da aplicação que dele o indivíduo possa fazer. Trata-se de uma valoração do conhecimento no sentido absoluto.
2. Através da *literacia de competências* valoriza-se saber operacionalizar um dado conhecimento, resolvendo problemas práticos, interpretando textos de divulgação científica ou, ainda, desenvolvendo de forma autónoma pensamento crítico sobre uma dada situação. Tal como no caso anterior a referência é feita pelo corpo de conhecimentos de uma dada disciplina.
3. Na *literacia funcional* acentua-se os saberes científicos que se mobilizam no âmbito de actividades profissionais específicas com funções sociais. Trata-se, portanto, de um tipo de literacia cujo valor depende da sociedade onde ela encontra expressão.

Apesar da importância que tem vindo a ser dedicada ao(s) conceito(s) de literacia científica a controvérsia está instalada na comunidade científica (Jenkins, 1990, 1994). Se por um lado alguns autores justificam a existência de posições diferentes devido a quadros referenciais distintos, outros advogam que se trata de um termo que pertence à mesma classe dos termos *liberdade*, *justiça* e *felicidade*, relativos a conceitos de natureza controversa e, por isso, impossíveis de definir de forma única (Laugksch, 2000).

Vários factores podem contribuir para a falta de consenso na comunidade científica sobre um conceito de literacia científica, em particular a diversidade de *grupos de interesse* com modos de pensar próprios (Laugksch, 2000). Destacam-se quatro grupos/comunidades:

1. A comunidade de Educação em Ciência que se preocupa com a relação entre educação formal e literacia, sobretudo a nível secundário, mas procurando dirigir a atenção também para o ensino básico e superior. É preocupação desta comunidade de investigadores definir que objectivos para a educação em ciências, quais as competências, as atitudes e os valores que devem ser incorporados nos currículos e, consequentemente, ensinados pelos professores e ainda de que modo se poderá avaliar a sua consecução por parte dos alunos.
2. Os investigadores sociais interessados em caracterizar o modo como o público se interessa e acompanha a ciência, as imagens que constrói e as atitudes que desenvolve perante o conhecimento científico-tecnológico. Assim, tem sido dado particular relevo à identificação das fontes de informação que utiliza, ao conhecimento base que detém e às limitações que atribui ao conhecimento científico.
3. Os sociólogos da ciência (inclui alguns educadores com perspectivas sociológicas) preocupados em compreender como é que os indivíduos no dia a dia mobilizam conhecimento científico em contextos específicos e como se motivam para continuar informados sobre a ciência.
4. A comunidade de Educação não formal em Ciências (profissionais de museus, de exposições e espaços de ciência, jornalistas de rádio, televisão e imprensa escrita) interessados em difundir conhecimento científico fora do contexto escolar. Dado o carácter da informação disponibilizada nestes ambientes não formais, os seus promotores estão particularmente interessados em compreender o interesse e a implicação de diversos grupos (crianças, adolescentes e adultos) na exploração da informação apresentada, com vista a alargar o público-alvo.

Sistematizando ideias desenvolvidas, defendemos que o conceito de literacia científica não poderá nunca ser único, pois dependerá sempre do contexto onde é aplicado e é relativo à sociedade onde é usado. Deste modo, será sempre dependente da época (sentido histórico), do contexto sócio-económico (tipo de actividades profissionais) e do enquadramento social (aspectos culturais). Trata-se, portanto, de um conceito socialmente construído, móvel no espaço e evolutivo no tempo.

3. LITERACIA CIENTÍFICA E SUA AVALIAÇÃO

3.1. PERSPECTIVAS DE AVALIAÇÃO DA LITERACIA CIENTÍFICA

Sendo a compreensão pública da ciência um objectivo das sociedades democráticas contemporâneas, a comunidade científica tem-se preocupado em conhecer qual o grau de consecução alcançado, mas alguma polémica tem existido sobre o modo de poder encontrar resposta à questão, em particular quanto aos instrumentos usados para recolha de dados (que dados devem ser recolhidos?) e como os interpretar, isto é, que ilações tirar sobre o grau de literacia dos inquiridos. Além disso, o próprio conceito de literacia científica não está suficientemente esclarecido: O que é que o público deveria saber? Quem define quais os saberes que devem ser avaliados? Qual a forma mais adequada para avaliar os saberes de não especialistas? Como ajuizar sobre a falta de compreensão dos indivíduos através de respostas se em muitas questões científicas os cientistas não têm todos a mesma opinião? Qual a legitimidade da afirmação sobre a falta de compreensão adequada do público se há cientistas que embora especialistas em um domínio desconhecem muitos outros mesmo nos aspectos mais triviais?

Ora, o modo como se avalia o nível ou grau de literacia científica de uma população está intimamente relacionado com o conceito subjacente e, no entanto, são frequentemente enfatizados na opinião pública os resultados, em particular se desfavoráveis, sempre que têm lugar estudos comparativos internacionais. Havendo diferenças nos quadros conceptuais de referência do conceito de literacia científica o que se reflecte, por exemplo, nas dimensões que inclui, é plausível que as perspectivas de avaliação também sejam diferentes. Importa, pois, ter em conta o que está em causa na avaliação antes de emitir juízos ou comentários sobre os resultados. Podem destacar-se três modos de orientar tal avaliação, consoante as suas finalidades e os seus promotores.

1. A Perspectiva Sociológica: Pretende-se compreender como é que indivíduos com diferente conhecimento científico interpretam situações mobilizando, ou não, conhecimento científico. Será necessário, portanto, escolher

situações particulares e recolher dados com os indivíduos em acção. Os estudos deste tipo envolvem amostras pequenas e são de índole qualitativa.

2. A Perspectiva da Opinião Pública: Pretende-se avaliar e comparar a aquisição de conhecimentos de conteúdo específicos que detêm grupos distintos de indivíduos, as atitudes que desenvolvem face à ciência, e o modo como valorizam o conhecimento científico. Normalmente utilizam-se amostras grandes e os dados são recolhidos através de questões estandardizadas em testes de resposta escrita. Este tipo de estudos, desenvolvido no final da década de setenta por Miller, veio a adquirir grande aceitação em muitos países e o seu uso tem permitido o estabelecimento de comparações internacionais.

Esta perspectiva, apesar de popular pelos resultados práticos que permitiu alcançar, não foi isenta de críticas tal como as elaboradas por Ziman (1991, citado em Laugksch, 2000), ao considerar que os seus proponentes se preocupavam mais em saber o que é que os indivíduos não sabiam, numa suposta base da importância de tal conhecimento, do que compreender o que é que já sabiam. Chamaram, por isso, a esta perspectiva o “modelo do deficit”. Outros, como Layton e colaboradores (1993, citados em Sjoberg, 1997), consideravam que em vez de procurar saber como é que o público compreende a ciência se deveria perceber como é que os cientistas compreendem o público.

3. A Perspectiva dos Educadores: Pretende-se avaliar, através de instrumentos próprios, qual o nível de literacia alcançado pelo público escolar considerando conteúdos de ciência, a natureza da ciência e o seu contexto social. Esta preocupação legítima com vista a otimizar orientações curriculares e práticas de ensino não é isenta de críticas. Com efeito, os instrumentos de avaliação e medição desenvolvidos têm reflectido sobretudo os interesses de investigação dos seus autores mais do que procurarem alcançar uma visão integrada do nível de consecução de todas as dimensões da literacia científica, detidas pelos inquiridos. Muitos dos instrumentos desenvolvidos (por exemplo, TOUS, NOSS, NSSK e VOSTS) têm sido traduzidos e adaptados para diversas línguas e os resultados alcançados permitem confirmar a sua validade interna e externa. Destaca-se pela tentativa de integração, o teste desenvolvido, em meados da década de noventa, por Laugksch e Spargo (1996) para avaliar o grau de consecução dos saberes, competências e atitudes dos alunos, no final do ensino secundário tal como preconizado pelo programa *Science for All Americans* (AAAS, 1989).

Mais recentemente a atenção tem sido particularmente focada na avaliação de competências de literacia em Leitura, Matemática e Ciências, dos alunos de 15 anos dos países da OCDE, no estudo internacional PISA – *Programme for International Student Assessment*. Dada a importância dos instrumentos em si e das implicações dos resultados obtidos, o assunto será desenvolvido em secção própria (4.1 e 4.2).

3.2. ESTUDOS DE AVALIAÇÃO DA LITERACIA CIENTÍFICA E SEUS RESULTADOS

Os estudos de maior impacte nas sociedades dos diversos países inserem-se na Perspectiva da Opinião Pública. Tal avaliação, que tem decorrido através de testes de papel e lápis sobre questões de conhecimento factual de diversos âmbitos, toma como pressuposto que a percentagem de respostas certas é um indicador da literacia científica dos inquiridos, o que vem colocar a interrogação sobre a validade de tal juízo (outras questões escolhidas levariam a outros resultados?) e da adequação do próprio conceito de literacia científica que encerra. De facto, “medir” o grau de literacia de uma amostra por comparação de respostas com as previstas pelos cientistas corresponde a situarmo-nos no modelo linear “ciência para a cultura” (Godin, 1999) tal como foi referido na secção 2.1, posição que não partilhamos.

Neste tipo de avaliação destacam-se pela sua relevância junto de outras comunidades científicas e sociedade civil em geral, os trabalhos de Jon Miller nos Estados Unidos desde final da década de setenta. Para Miller (1997) a importância social dos estudos de avaliação da literacia científica da população justifica-se pelo papel que os cidadãos têm na formulação das políticas de ciência e tecnologia, nas sociedades democráticas. Haveria, então, que averiguar o grau de consecução da “dimensão do vocabulário” (o conhecimento conceptual que é necessário possuir para compreender as mensagens dos *media*) e a “dimensão da natureza da ciência” (o conhecimento associado à interpretação da legitimidade dos dados e das conclusões elaboradas a partir deles). A articulação do nível de conhecimento expresso em ambas as dimensões traduzir-se-ia, então, no grau de literacia de cada indivíduo. No critério de Miller, apenas os indivíduos que conseguissem resolver correctamente dois terços das questões relativas a cada uma das dimensões, poderiam ser categorizados em “literatos cientificamente”. Quando tal condição se verificasse apenas para uma das dimensões a classificação seria de “parcialmente literato”. Deste modo, em 1995, apenas 7% dos adultos norte americanos caberiam no primeiro grupo, 20% no segundo e os restantes 73% seriam “iliteratos cientificamente” (Miller, 1997, pp. 128). A formação escolar em Ciências e Matemática revelou-se como o factor que mais

influenciava a classificação anterior, mesmo quando tinha decorrido vinte anos antes. Miller verificou ainda que o aproveitamento escolar dos alunos está correlacionado positivamente com o nível de educação / escolarização dos pais e com a aquisição precoce de competências de leitura.

Nesta linha de estudos, têm vindo a ser feitos, de forma regular na última década (1990, 1992, 1996/97, 1999/2000), inquéritos aos portugueses, integrados nos estudos sobre as percepções dos europeus relativamente à ciência e à tecnologia (Eurobarometer, 2001), acompanhados nas últimas edições pelo Observatório das Ciências e Tecnologia, em Portugal. Tais estudos têm permitido fazer comparações internas e externas, em particular a nível europeu, e na sua estrutura têm-se privilegiado quatro dimensões: o tipo de conhecimentos científicos, as atitudes em relação à ciência, as crenças sobre as relações entre a ciência e a sociedade, as práticas de acesso à informação científica. Os resultados obtidos em sucessivas edições vieram, no entanto, levantar em vários países da Europa, algumas críticas por parte de cientistas que procuraram desvalorizá-los. A primeira foi de que tais inquéritos procuravam ser um instrumento político para obter maior apoio para as actividades científicas, medida que pareceria adequada como forma de correcção dos baixos valores obtidos (Laugksch, 2000). A segunda era de natureza conceptual ao admitir-se que existiria uma correlação positiva entre melhor conhecimento evidenciado e uma atitude mais positiva em relação à ciência. Ora, sabe-se que tais atitudes dependem mais do desenvolvimento das sociedades do que do conhecimento científico individual. A terceira crítica era de ordem teórico-metodológica e salientava que neste tipo de inquéritos não existia nenhum indicador que permitisse avaliar qual o entendimento do público sobre a natureza epistemológica do conhecimento científico, das suas limitações, o que comprometia o estabelecimento de um juízo de valor sobre a literacia científica de cada indivíduo. Aliás, tal caracterização implicaria o uso de metodologias de investigação não compatíveis com amostras de grande dimensão.

Apesar das críticas colocadas a este tipo de estudos existem dados (Eurobarometer, 2001) sobre os quais importa reflectir: cerca de dois terços dos europeus consideram-se mal informados sobre ciência e tecnologia; as áreas de maior interesse são a medicina e o ambiente; o conhecimento científico nos domínios inquiridos manteve-se reduzido ao longo dos anos; a fonte de informação sobre temas científicos preferida é a televisão; o balanço das vantagens e prejuízos da actividade científica é francamente positivo, embora reconheçam que o desenvolvimento científico não pode por si só resolver todos os problemas; não existe uma posição dominante sobre a responsabilidade dos cientistas relativamente ao uso do conhecimento científico por si produzido, e consideram que os cientistas devem estar sujeitos a normas éticas (posição mais

acentuada entre aqueles que detêm maior escolarização); a falta de interesse dos jovens pelo estudo das ciências deve-se ao seu carácter pouco apelativo, à dificuldade dos assuntos e à falta de interesse dos jovens por assuntos científicos (aliás, a percentagem de alunos que consideram as aulas de ciências pouco apelativas é superior à percentagem da amostra total).

Pese embora as diferenças de posição de distintos autores sobre o conceito de literacia científica, para todos haverá alguma intersecção entre os estudos de literacia em geral e de literacia científica. Assim, nos estudos de literacia o que está em causa é perceber o modo como a população adulta é capaz de descodificar e interpretar informação escrita, independentemente do tipo e do contexto de aplicação (uso individual, social ou profissional). Nos estudos de literacia científica os interesses de investigação são os mesmos, agora direccionados para o domínio da ciência e da tecnologia. No entanto, verifica-se que os testes de literacia científica não utilizam os mesmos critérios que os testes de literacia em sentido lato, por exemplo, o da avaliação do desempenho de descodificação de informação escrita. Pelo contrário, os questionários compreendem perguntas fechadas onde domina vocabulário científico básico e procedimentos típicos da investigação científica, as quais deverão ser respondidas também por escrito, ficando o nível de literacia científica determinado por um somatório de conhecimentos factuais, independentemente do local e do momento em que tais conhecimentos devam ser mobilizados.

Apesar de críticas deste tipo que têm surgido com alguma frequência, tem havido nos Estados Unidos nas duas últimas décadas um esforço crescente para introduzir nos testes de medição questões abertas e nos anos noventa houve uma expansão da bolsa de questões usadas de modo a permitir a análise de factores de confirmação. As dimensões “vocabulário” e “natureza da ciência” apresentaram-se altamente correlacionados, mas analiticamente separáveis (Miller, 1997). No que respeita à dimensão vocabulário, mede-se o grau de utilização de conceitos base para ler e compreender um artigo da imprensa ou um relatório técnico simples. No caso da segunda dimensão o que está em causa é avaliar o nível de capacidade dos indivíduos para distinguir uma abordagem científica de outra que o não seja, por exemplo, não científica ou pseudo-científica. Em ambas as dimensões o sistema de medição adoptado foi validado de modo a permitir comparações entre países e entre momentos diferentes no mesmo país. Os estudos realizados permitem evidenciar (Miller, 1997) que: (1) os indivíduos que demonstram nível elevado nas duas dimensões são os mais aptos para procurar e compreender informação sobre controvérsias de política científica e/ou tecnológica; (2) os indivíduos que apresentam um vocabulário científico adequado ou um nível aceitável de compreensão da natureza da ciência são mais

capazes do que outros de receber e utilizar informação para discorrer sobre uma controvérsia em ciência e/ou em tecnologia.

Preocupado também com a avaliação da compreensão pública da ciência detida pelos cidadãos está Jenkins ao sistematizar um conjunto alargado de estudos quantitativos e qualitativos conduzidos e ao inferir a partir deles propostas para o ensino das ciências em contexto escolar (Jenkins, 1997; 1999).

Quanto aos estudos da Perspectiva dos Educadores salienta-se o estudo PISA (a desenvolver na secção seguinte) e o trabalho de Walberg e Paik (1997). Com base na revisão da literatura por si feita, os autores suportam a ideia de que seria possível conduzir de forma mais profícua a educação em ciências em contexto formal (ensinos básico e secundário) e não formal, caso ela se baseasse mais na investigação específica conduzida do que em opiniões de “autoridades” públicas. Existe um grande número de estudos que mostram formas de concretizar com sucesso muitas estratégias, para situações muito variadas, e embora não se possa apontar um quadro referencial único, pode falar-se de um leque alargado de possibilidades. Um indicador de carências de enquadramento dos alunos no ensino formal das ciências é, por exemplo, o decréscimo da importância que atribuem à ciência. Citando Yager e Penick, os autores referem que essa percentagem diminui de 90% no ensino básico, para 75% no 7º ano e para 20% nos adultos jovens.

4. LITERACIA CIENTÍFICA EM CONTEXTO ESCOLAR

4.1. O ESTUDO DE AVALIAÇÃO INTERNACIONAL OCDE/PISA

O movimento “Ciência para Todos” que se expandiu nas décadas de oitenta e noventa em muitos países e foi apoiado pela UNESCO, introduziu na escola o ensino das Ciências na perspectiva da literacia científica, propósito considerado particularmente adequado e justo para quem não se destinava a prosseguir uma carreira científica. Depois dos enormes investimentos feitos em reformas curriculares, em estruturas e equipamentos, em muitos países, impunha-se avaliar quais os resultados alcançados, isto é, em que medida os alunos que frequentavam a escolaridade obrigatória evidenciavam competências de literacia científica, e qual o grau de consecução alcançado nos diversos países. O debate sobre o modo de conduzir tal avaliação começou no início dos anos noventa quando o terceiro Estudo Internacional em Ciências e Matemática (TIMSS) começou a ser planeado. Abordava-se então a questão de como “medir” através de um teste a “literacia em ciências e matemática” dos alunos, o que levou à ideia de que para além da dimensão

do conteúdo da ciência haveria que incluir o impacte societal, aspectos históricos e sócio culturais, competências cognitivas de raciocínio e, ainda, as atitudes. Esta discussão teve consequências logo na construção do próprio questionário do TIMSS (por exemplo, no teste a aplicar aos alunos que terminavam o ensino secundário as questões eram mais direccionadas por padrões de competências esperados na sociedade do que pelos currículos escolares). O TIMSS foi aplicado a alunos de 9, 13 e 17 anos, em 41 países.

Ainda com a avaliação do terceiro grupo do TIMSS em curso, iniciou-se outro grande estudo de avaliação internacional da literacia em países da OCDE: o *Programme for International Student Assessment* (PISA), com o propósito de avaliar competências dos alunos de 15 anos, independentemente do conteúdo dos programas escolares. No estudo PISA o que está em causa é a avaliação de competências e capacidades identificadas como necessárias para que os jovens participem efectivamente na sociedade, pelo que abrangia a literacia em leitura, em matemática e em ciências, e ainda a capacidade de resolução de problemas. Em 2000 a ênfase foi colocada sobre a leitura, em 2003 será sobre a matemática e em 2006 sobre as ciências.

Desde 1988 que a OCDE tem vindo a financiar investigação de base que fundamente a definição de indicadores que permitam fazer comparações válidas quanto ao rendimento dos alunos e que possam servir para ajuizar sobre a forma como os respectivos sistemas educativos estão a preparar os jovens para prosseguirem aprendizagens futuras. No quadro conceptual de referência da OCDE/PISA a literacia científica surge como *a capacidade de usar conhecimento científico para identificar questões, para estabelecer conclusões a partir de provas, com a intenção de compreender e ajudar a tomar decisões sobre o mundo natural e sobre as modificações nele operadas fruto da actividade humana* (OECD, 2000, pp.10; OECD, 2003). Esta definição, de aparência sintética, encerra conceitos que importa clarificar.

O primeiro é de que a literacia científica envolve conhecimento científico e conhecimento do processo através do qual ele foi gerado. Assim, o processo científico é uma expressão que só tem sentido quando se aplica ao domínio da ciência, pelo que usar processos científicos implica sempre ter alguma compreensão de ciência.

Em segundo lugar, saber “usar conhecimento científico para identificar questões, para estabelecer conclusões a partir de provas”, significa muito mais do que conhecer factos e termos. Implica conhecer conceitos científicos básicos, mas, também, compreender que tal conhecimento tem limitações e que é um produto da actividade humana.

Através da expressão “compreender e ajudar a tomar decisões”, o terceiro aspecto, pretende-se relevar que a compreensão do mundo é um valor em si mesmo

visto poder contribuir para uma decisão. Note-se, no entanto, que o conhecimento científico raramente é o único determinante da decisão. A dimensão social, política ou económica é, normalmente, mais influente do que a dimensão científica, apesar do carácter não controverso da evidência científica. Aquilo que é controverso na dimensão científica é a escolha das evidências que servem de base à conclusão.

Por fim, através da expressão “modificações do mundo natural operadas pela actividade humana” pretende-se abarcar tudo aquilo que constitui o mundo, seja fruto directo da natureza, seja produto da intervenção tecnológica.

Em síntese, no referencial do PISA/OCDE (OECD, 2002), a literacia científica de um indivíduo depende da sua familiaridade com conhecimentos e processos científicos. No corpo de conhecimentos pertinentes destacam-se conceitos científicos fundamentais como cadeias alimentares, sustentabilidade, conservação da energia, adaptação, estados da matéria e hereditariedade. Mais ainda, a literacia científica para funcionar nas sociedades modernas inclui saber usar processos de questionamento científico, reconhecendo a natureza e limites de tal questionamento, identificar evidências que permitam responder a tais questões, estabelecer e avaliar conclusões e comunicá-las a outros. Deste modo, a literacia científica depende da capacidade de aplicação de conhecimento (sentido lato) em contextos diversos, de âmbito pessoal, social e de trabalho. Consequentemente, avaliar a literacia científica não é avaliar a “ciência” dos alunos.

4.2. RESULTADOS DO PISA E CONCLUSÕES

Com base na concepção de literacia científica adoptada, a construção dos itens do teste teve em conta quatro domínios: a dimensão dos processos, a dimensão dos conceitos, as áreas de aplicação e as situações/contextos (Harlen, 2002).

1. A dimensão de processos implicava a análise da compreensão de conceitos científicos (fazer uso de ideias científicas e informação adequada para descrever e explicar relações, fenómenos ou causas), da compreensão da natureza da investigação científica (reconhecer questões que possam ser cientificamente investigadas e distingui-las de outras), do uso da evidência científica (atribuir aos dados o valor de prova para basear afirmações ou conclusões e, ainda, fazer previsões), da comunicação de descrições e/ou de argumentos científicos a audiências específicas.
2. A dimensão dos conceitos estabelecia que a selecção dos conceitos científicos fosse determinada por critérios de relevância para a compreensão do mundo natural para o que se definiram os temas principais, privilegiando “grandes ideias” e não factos isolados.

3. As áreas de aplicação foram identificadas como os domínios nos quais os alunos se deveriam sentir preparados para se pronunciarem a nível pessoal, social, global e histórico e adequadas para avaliar a dimensão dos processos e a dimensão dos conceitos.
4. As situações ou contextos diziam respeito a problemas que poderiam surgir dentro de cada uma das áreas de aplicação atrás definidas.

A partir do instrumento concebido foram definidos cinco níveis de compreensão para a dimensão dos conceitos científicos, e outros cinco para a natureza da investigação científica, o que combinado entre si permitiu definir uma escala de cinco níveis de literacia científica, uma avaliação substancialmente diferente de outras que se baseiam exclusivamente no número de respostas certas alcançado pelos indivíduos (Harlen, 2003). Para melhor ajuizar sobre o que estava em causa na avaliação PISA da literacia científica, sumariam-se os atributos de três dos cinco níveis.

No topo da escala (nível 5), os alunos eram capazes de: criar ou usar modelos conceptuais para fazer previsões ou dar explicações, planejar uma experiência para obter uma relação entre variáveis, comparar dados para avaliar pontos de vista distintos, comunicar argumentos científicos e/ou descrições pormenorizadas e com precisão.

Na posição média da escala (nível 3), os alunos são, em geral, capazes de: usar conhecimento científico para fazer previsões ou fornecer explicações, reconhecer questões passíveis de resposta pela investigação científica, seleccionar informação relevante a partir de um conjunto de dados ou de cadeias de raciocínio de modo a estabelecer conclusões.

No último nível da escala (nível 1), os alunos apenas são capazes de evidenciar conhecimento científico factual (nomes, factos, terminologia, regras simples) e usar conhecimento científico rudimentar para estabelecer ou avaliar conclusões.

As questões utilizadas no teste, de resposta de papel e lápis, estavam organizadas segundo temas os quais partiam sempre de uma situação real. Cada uma das unidades temáticas exigia algum conhecimento científico, mas exigia sempre competências de saber ler um texto, uma tabela ou um diagrama. A avaliação do nível de literacia científica estava, assim, dependente de competências de leitura e de escrita dos alunos. A maioria das questões apelava a uma resposta fechada, sem ambiguidade. As questões de resposta aberta, requeriam respostas longas as quais depois de avaliadas poderiam ser consideradas em três categorias distintas, correcta, parcialmente correcta e incorrecta.

Os resultados obtidos e divulgados internacionalmente foram objecto de apreciação em todos os países, tendo havido em alguns deles uma excessiva (quase exclusiva) responsabilidade cometida à escola. Embora se rejeite esta posição de

responsabilização exclusiva da escola para o caso português (significativamente abaixo da média da OCDE, juntamente com mais nove países no total de vinte e oito), considera-se que os resultados (Ramalho, 2001) possam concorrer para reforçar a convicção de que deve ser repensado o ensino formal das Ciências, aspecto que se abordará na secção seguinte.

No entanto, não sendo de subestimar a importância do PISA enquanto meio para fazer comparações à escala internacional sobre o modo como os alunos abordam questões do quotidiano, importará conhecer muito mais do que a resposta dada. Segundo Harlen (2002) seria necessário investigar o que é que os alunos julgam que está a ser perguntado, bem como que processos utilizam para chegar às respostas que dão e também quais são as fontes de informação que mais utilizam. Este último aspecto será, porventura, dos mais pertinentes para compreender a diferença nos níveis de consecução alcançados, eventualmente mais dependentes de fontes de informação extracurriculares do que dos próprios currículos escolares.

5. LITERACIA CIENTÍFICA E ENSINO DAS CIÊNCIAS

Defendendo-se que a educação dos indivíduos em Ciências, bem como em qualquer outro domínio, deverá ser um processo continuado ao longo de toda a vida, o ensino formal deverá ter como orientação de base o de preparar os indivíduos em saberes básicos e competências que lhes permitam continuar o processo de aprendizagem. Definir que saberes e competências são esses não é simples nem isento de polémicas. No caso particular das Ciências, saber do qual agora nos ocupamos, a primeira observação a colocar refere que a questão de partida para a conceptualização do ensino formal não deve ser “porquê ensinar ciências” mas “para quê”, isto é, as razões devem deslocar-se de contextos externos, ainda que legítimos (por exemplo, “porque a sociedade necessita de mão de obra qualificada científica e tecnologicamente”), para domínios mais pessoais como o de cada indivíduo poder compreender e ser capaz de se inserir de forma adequada na sociedade. Para que isto se efective há competências específicas que necessitam de ser alcançadas, em particular do domínio científico.

São três as dimensões a considerar: os saberes, as acções e os valores (Graber *et al.*, 2001).

A **dimensão dos saberes** inclui:

- (1) competências de conteúdo (conhecimento declarativo e conceptual envolvendo compreensão de vários domínios da ciência);

- (2) competências epistemológicas (visão geral sobre o significado da ciência como forma de ver o mundo, distinguindo-a de outras interpretações como a arte ou a religião).

A *dimensão das acções* inclui:

- (1) competências de aprendizagem (capacidade para usar diferentes estratégias de aprendizagem e modos de construção de conhecimento científico);
- (2) competências sociais (capacidade para cooperar em equipa de forma a recolher dados, executar procedimentos ou interpretar, em termos gerais, informação científica);
- (3) competências processuais (capacidade para observar, experimentar, avaliar, interpretar gráficos, mobilizar destrezas matemáticas, por exemplo, estatística simples; usar modelos; analisar criticamente situações particulares, gerar e testar hipóteses);
- (4) competências comunicativas (capacidade para usar e compreender linguagem científica, registar, ler e argumentar usando informação científica).

A *dimensão dos valores* diz respeito a competências éticas (conhecimento de normas e sua relatividade em contextos locais e ainda do seu carácter temporal).

No entanto, o desenvolvimento destas competências é gradual, o que, segundo Bybee (1997), pode ser visto como um contínuo de conhecimentos e práticas sobre o mundo natural e construído, com diversos graus e níveis de consecução consoante a idade da pessoa, os temas abordados e os contextos culturais e sociais.

A aceitação destes propósitos de formação para a educação em ciências em contexto formal visa poder ser alcançável em todas sociedades uma compreensão pública da ciência adequada à época e ser possível estabelecer qual a relação entre tal compreensão e a literacia científica dos indivíduos.

5.1. LITERACIA CIENTÍFICA E COMPREENSÃO PÚBLICA DA CIÊNCIA

Não é claro na literatura qual a hierarquia entre os conceitos de literacia científica e compreensão pública da ciência. Aliás, para alguns autores, por exemplo DeBoer (2000), os termos são sinónimos sendo até impossível definir objectivamente tudo quanto podem significar. No entanto, prevalece a ideia de que os saberes nela(s) englobados habilitam para uma compreensão funcional geral da ciência, útil para compreender o mundo em que nos inserimos, por oposição a saberes próprios de carreiras científicas ou técnicas.

Outros autores, por exemplo Membiela (2003), consideram que a compreensão pública da ciência é um conceito que remete o público para uma posição passiva perante o conhecimento acima da qual se situará a literacia (alfabetização) científica dos cidadãos a qual implica, essa sim, um posicionamento activo da parte destes.

Parece, pois, que, tal como referimos na secção 2.2, não existe consenso sobre os conceitos nem tão pouco sobre se os vocábulos representam diferentes conceitos para cada um dos autores.

Apesar destas limitações procuraremos clarificar o sentido que atribuímos a cada uma das designações, tendo em conta a dimensão individual / social e a natureza do saber envolvido, e salvaguardando que ambos são conceitos que traduzem aspirações de sociedades democráticas e que, portanto, só nestas são discutidos e, por isso, questionáveis.

Na Compreensão Pública da Ciência reportamo-nos ao nível e diversidade de conhecimentos que nas sociedades democráticas se espera que os cidadãos não especialistas em ciências possam ter para compreenderem a relevância do conhecimento tecno-científico de modo a influenciar decisões político-sociais que o envolvam. Deste modo trata-se de um conceito que remete para saberes, competências e atitudes da sociedade, no seu todo, capazes de condicionarem decisões políticas.

Por outro lado, a Literacia Científica será o conjunto de saberes e competências que cada indivíduo, consoante o seu papel social, deve ter de modo a contribuir para que a sociedade à qual pertence alcance o nível de compreensão da ciência adequado à intervenção político-social que dela se espera.

A literacia científica é, portanto, um conceito que se aplica individualmente, com grau variável para cada indivíduo consoante o domínio do conhecimento em causa. Ser-se detentor de um nível elevado de literacia científica num domínio não significa que o mesmo ocorra em outros domínios. A formação académica (de cariz profundamente disciplinar desde muito cedo), os gostos pessoais, a actividade profissional, as influências sociais próximas serão alguns dos factores que condicionarão a apetência pelo saber científico e que se reflectirão no nível de conhecimento alcançado. Além disso, para o nível de literacia científica de cada indivíduo muito contribuirão as outras literacias de que ele for detentor (por exemplo, literacia de leitura e de escrita, literacia matemática, informática e tecnológica). Em termos práticos, o grau de literacia científica de cada indivíduo pode ser um factor determinante na forma como é capaz de ajuizar sobre um problema grave ou temas societais.

Apesar do carácter não fechado de um ou vários conceitos de literacia científica, como conceito aplicável individualmente o seu nível de adequabilidade será condicionado por aquilo que for entendido como o nível desejável para a

compreensão pública da ciência naquele momento / época, isto é, o nível de literacia científica de um indivíduo só se manterá elevado se ele continuar a ampliar/aprofundar os seus saberes ao longo dos tempos. É por razões de forte dependência do contexto histórico-social que os quadros de referência para os estudos de avaliação da literacia, bem como as questões a incluir, são objecto de negociações profundas, nem sempre fáceis de alcançar.

Quanto à Compreensão Pública da Ciência trata-se de um conceito socialmente construído, em constante evolução e sustentado por aquilo que for a literacia científica do conjunto dos indivíduos. Traduz, portanto, a capacidade que o Público não especialista tem para entender controvérsias científicas e definir formas de inverter, se for o caso, decisões de política científico-tecnológica.

Assim, poderemos comparar níveis de literacia dos indivíduos numa dada sociedade, apesar das limitações dos processos de medição, mas é de legitimidade questionável a emissão de juízos de valor sobre os níveis de compreensão pública da ciência de sociedades em épocas distintas, visto que tal depende daquilo que for o crescimento e desenvolvimento científico de cada época e os ideários do poder político. Por esta razão, a escolha das questões / tarefas utilizadas para apuramento do nível de literacia individual não é neutra nem intemporal. Poder-se-á, portanto, concluir que a preocupação do poder político é com o nível geral de compreensão da ciência pela sociedade no seu todo pelo que deverá pugnar para que o nível de literacia dos cidadãos seja conceptualmente compatível. Ora, é aqui que importa definir as orientações e princípios da organização curricular e dos programas das disciplinas de ciências tendo em vista a literacia científica dos alunos. Com efeito, tradicionalmente, o ensino formal das Ciências tem-se centrado no conhecimento de conteúdos e pequenos aditamentos de aspectos processuais, sendo praticamente tudo o resto omitido; a gestão de sala de aula era (é) fortemente centrada no professor por oposição a centrada nos processos de aprendizagem do aluno; as actividades de ensino têm-se direccionado para a compreensão de factos científicos e não para a resolução de problemas e processamento de informação; a orientação do ensino tem privilegiado a lógica disciplinar de reprodução do conhecido por oposição à interpretação de situações reais em curso.

Tomando a literacia científica de cada estudante como um objectivo da educação em ciências, na expectativa de que daí advirão, a curto e a longo prazo, cidadãos mais emancipados quanto à compreensão das inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade e também melhor preparados para prosseguimento de estudos (Gil e Vilches, 2001), há que redireccionar o ensino no sentido da promoção, no aluno, da sua *auto-determinação*, exercitando o seu esforço de independência de quem ensina, da sua *auto-responsabilidade* pela própria aprendizagem, um pré-requisito para a aprendizagem ao longo da vida, e da sua *auto-actividade* na realização de

tarefas por si determinadas e conduzidas (Graber et al., 2001). Para Fourez (2002) esta ideia é traduzida por uma literacia científica e técnica definida em função de um projecto de sociedade, por oposição a uma orientação segundo conteúdos de disciplinas científicas. Para isso é fundamental salvaguardar o desenvolvimento da autonomia de pensamento (o oposto à submissão a uma dada receita ainda que a do especialista) e da capacidade de comunicação através da partilha de uma linguagem estandardizada e de modelos interpretativos fiáveis, aquilo que Fourez designa por “ilhas de racionalidade”. Deste ponto de vista ser-se literato cientificamente depende sempre do contexto, mas haverá sempre competências que, adquiridas num domínio, poderão ser transferidas para outros.

Dos princípios atrás enunciados decorrem algumas implicações para a organização do ensino formal das ciências a todas as crianças e jovens, em particular na escolaridade obrigatória, as quais pretendemos agora destacar.

5.2. ORIENTAÇÕES PARA A ORGANIZAÇÃO DO ENSINO DAS CIÊNCIAS

Assume-se, no seguimento das ideias apresentadas, que a orientação do ensino das ciências nos níveis básico e secundário deverá reger-se por princípios que promovam a literacia científica de todos os alunos, pese embora a dificuldade de acordo dos autores sobre um conceito único de literacia científica. Além do mais, mesmo optando por um determinado conceito, há que ter presente questões muito pertinentes propostas por Kyle (1995), das quais se destacam: “que componentes de literacia, em ciências e em humanidades, preparam os alunos para uma vida plena no futuro?”; “como avaliar se os alunos adquiriram os conhecimentos e capacidades de cidadania e responsabilidade social?”; “como garantir que os alunos irão utilizar mais tarde as competências alcançadas?”. Não sendo possível dar uma resposta cabal a qualquer destas questões ficar-nos-emos no enunciado de princípios que deverão orientar as opções programáticas, essas sim, a definir em cada época e sujeitas a reajustes quando os contextos mudam. Além disso, há que ter em conta que a maioria dos saberes do futuro ainda não estão definidos como tal (estima-se que um terço do conhecimento da próxima década não é antecipável hoje). No entanto, apesar das evidências da importância da Ciência e Tecnologia para a sociedade, não é irrelevante ponderar que finalidades, que objectivos, que conteúdos e que formas de ensino da Ciência e das Tecnologias são as mais adequadas para a formação dos cidadãos, aspectos sobre os quais existem perspectivas diversas: propedêutica, democrática, funcional, sedutora, útil, pessoal e cultural (Acevedo *et al.*, 2003; Acevedo, 2004).

Tomam-se com princípios para o ensino das ciências as perspectivas de educação em ciência preconizadas por Cachapuz, Praia e Jorge (2002), bem como algumas das propostas de Millar e Osborne (1998), UNESCO e ICSU (1999) e DeBoer (2000). Todos os princípios enunciados se baseiam na democracia como um valor e, por isso, como um objectivo do desenvolvimento humano, e na ciência como um domínio que persegue ideais de bem para a Humanidade. Segundo Cachapuz e colaboradores (2002) a educação em Ciências deve perseguir ideais de cultura científica dos alunos, por oposição a uma lógica de mera instrução científica, que promovam o desenvolvimento pessoal dos alunos e lhes permitam alcançar uma participação social esclarecida. O modelo de ensino que para estes autores suporta tal perspectiva de educação é designado por Ensino por Pesquisa e assenta no recurso à inter e transdisciplinaridade dos saberes, à abordagem de situações-problema retiradas de contextos reais, à utilização de estratégias de trabalho metodologicamente diversificadas e à necessidade de conduzir processos de avaliação conceptualmente concordantes.

1. Ensinar ciências como um dos pilares da cultura do mundo moderno.

As ciências devem fazer parte do currículo formal dada a sua importância como parte do património intelectual da humanidade. Aliás, desde meados do século dezanove que os proponentes dos currículos de ciências têm vindo a argumentar que todos os indivíduos cultos deveriam conhecer princípios que explicam como funciona o mundo, saber pensar de forma científica e interpretar correctamente a inter-relação ciência-sociedade. Assim, importará conhecer alguns dos marcos da história das ideias em Ciência e ideias científicas actuais.

2. Ensinar ciências para o dia a dia.

As ciências são úteis para interpretar o que nos rodeia, como o mundo evolui e também como poderemos preservar os recursos existentes. Seleccionar conceitos e princípios que possam dar este contributo é uma forma de aumentar a capacidade de compreensão e de desenvolvimento intelectual dos alunos. No entanto, deve ter-se em conta as capacidades dos alunos e propor objectivos realistas e acessíveis.

3. Ensinar ciências como forma de interpretar o mundo.

O conhecimento científico subjaz à mais evoluída e válida explicação sobre a natureza e é absolutamente necessário que os alunos distingam ciência de outras formas de pensar, que reconheçam os limites da ciência (por exemplo, questões que podem e que não podem ter resposta em ciência), a validade dos dados e dos procedimentos usados para os obter. Como afirma Fraústo da Silva

(2003, pp. 222) “*a informação não é conhecimento e o conhecimento, por si só, é insuficiente. Poderemos saber mais «o quê», mas continuaremos vulneráveis se não soubermos «o porquê» e «o como».*”.

4. Ensinar ciências para a cidadania

A educação em ciências deve ajudar a lidar de forma informada com assuntos sociais, de modo a que os cidadãos possam actuar mais esclarecida e fundamentadamente em democracia. Seleccionar temas geradores de controvérsias para exploração nas aulas de ciências, analisando argumentos a favor e contra será uma via para desenvolver a capacidade de tomar decisões e, por conseguinte, influenciar medidas políticas a pôr em prática.

5. Ensinar ciências para a compreensão de notícias, relatórios e debates com divulgação pública.

A educação em ciências deve ajudar os alunos a melhorarem a sua compreensão de temas difundidos pela comunicação social, em formato escrito e oral, e a sentirem-se mais auto-confiantes para acompanharem e, eventualmente, exprimirem opinião em debates sobre controvérsias em torno de temas sociais e descobertas científicas.

6. Ensinar ciências para compreender a sua inter-relação com a tecnologia.

A educação em ciências deve ajudar a distinguir ciência de tecnologia e a compreender as suas inter-relações. Não havendo, legitimamente, nenhuma subordinação de uma à outra é fundamental compreender como o conhecimento científico influencia o desenvolvimento tecnológico e como o conhecimento tecnológico determina o desenvolvimento científico. Uma forma de o conseguir será fazendo um ensino integrado de ciência e tecnologia.

7. Ensinar ciências para melhorar atitudes face à Ciência

A educação em ciências deve proporcionar aos alunos formas de melhorarem a sua atitude perante o conhecimento científico e desvalorizarem práticas e pensamentos anti-científicos, como superstições e crenças.

8. Ensinar ciências por razões estéticas.

O mundo natural apresenta-se com uma enorme beleza intelectual através do conhecimento científico que permite explicar a sua origem, diversidade e evolução. Promover a apropriação de saberes que permitam essa compreensão pode ser causa de deslumbramento intelectual. Compreender pode ser fonte de prazer, de beleza e de inspiração. Ensinar e aprender por razões estéticas

representa para alguns autores o melhor da educação em ciências (Girod, Rau e Schepige, 2003). O currículo deve proporcionar aos jovens a compreensão de algumas ideias sobre o modo como o conhecimento fiável acerca do mundo é construído. Tornar a aprendizagem das ciências uma fonte de prazer e deslumbramento é fundamental para que os jovens se entusiasmem com o prosseguimento de carreiras científicas (Fensham, 2002a, 2002b).

9. Ensinar ciências para preparar escolhas profissionais.

O ensino das ciências deve proporcionar informação aos alunos sobre carreiras e actividades profissionais que utilizam conhecimento científico e técnico e sobre vias de estudos que confirmam habilitação específica. Embora as escolhas profissionais não devam ser prematuras, dever-se-ão aproveitar e/ou criar oportunidades para salientar a importância dos estudos para o ingresso e o sucesso em determinadas carreiras.

5.3. ORIENTAÇÕES PARA A CONCEPTUALIZAÇÃO DE CURRÍCULOS E PROGRAMAS DE CIÊNCIAS

O crescimento científico e tecnológico da segunda metade do século vinte deixou bem visível que o que mais distancia os pobres dos ricos (sejam países ou pessoas) não é apenas os bens que detêm, mas também o facto de serem excluídos ou não da criação e dos benefícios do conhecimento científico. A consciência desta situação esteve bem patente na Conferência Mundial sobre a Ciência, realizada em Budapeste em 1999, traduzida de forma primorosa nos documentos aí aprovados: *Declaração sobre a Ciência e a utilização do Conhecimento Científico e Agenda para a Ciência – Quadro de Acção* (UNESCO, ICSU, 1999). Enaltecendo a importância do conhecimento científico para o bem da Humanidade em vinte e duas asserções, a *Declaração* enuncia cinco grandes domínios onde a Ciência deve ter um papel fundamental na sociedade, para o que se deverá desenhar e programar uma educação em ciências concordante com: Ciência como conhecimento/conhecimento para o Progresso (ênfatisa-se a importância da investigação científica orientada para a resolução de problemas e o papel das políticas de desenvolvimento científico de cada país); Ciência para a Paz (relewa-se a essência do pensamento científico como livre e crítico capaz de promover culturas de paz entre os povos); Ciência para o Desenvolvimento (salienta-se a imprescindibilidade do conhecimento científico no desenvolvimento tecnológico das sociedades pelo que a educação para todos e a educação em ciências para todos é um requisito primordial, ao qual todos os governos deverão dar prioridade absoluta); Ciência em Sociedade e Ciência para a Sociedade (acentua-se a necessidade de articular o trabalho científico com

princípios éticos consagrados em instrumentos jurídicos internacionais relativos aos direitos humanos); Ciência ao serviço da Saúde (destaca-se o papel da ciência na resolução dos graves problemas de saúde que assolam a fracção mais pobre da Humanidade e a responsabilidade dos países mais desenvolvidos na sua resolução).

O *Quadro de Acção* desenvolve o modo como os participantes na Conferência concordaram que uma intervenção concertada deveria ter lugar. Dado o âmbito do presente documento realça-se apenas aquilo que explicitamente invoca a educação formal: *“os governos devem atribuir a mais elevada prioridade à melhoria do ensino das Ciências a todos os níveis”; “os novos recursos, programas de ensino e as novas metodologias de ensino, devem ser desenvolvidas por sistemas de educação nacionais em resposta a necessidades de mudança das sociedades”; “deve-se garantir uma educação científica de base aos alunos de áreas não científicas”; “devem-se assegurar oportunidades de aprendizagem científica ao longo da vida”; “as instituições de ensino e a estrutura dos seus programas devem ser abertas e flexíveis, de modo a ajustarem-se às necessidades das sociedades”.*

É com base nestes princípios que se enunciam algumas orientações para os Currículos e Programas de Ciências, orientados para a literacia científica.

1. Os currículos e programas devem orientar-se para a compreensão de grandes ideias científicas, de temas com valor intrínseco e filosófico (saber quem somos, onde nos situamos, como evolui o planeta e cenários para o futuro), de problemas e temas de cariz societal e eventualmente controversos e devem compreender formas de avaliação compatíveis.
2. Os currículos e programas devem contemplar também outras dimensões do conhecimento científico para além da dimensão conceptual, adaptadas ao nível etário em questão, tais como aspectos da natureza da Ciência, da relação ciência-sociedade, da relação ciência-tecnologia e da relação ética-ciência. Esta orientação é a essência do movimento CTS para o ensino das Ciências que tem vindo a ganhar importância crescente, em vários pontos do mundo, no âmbito da educação em Ciências (Acevedo *et al.*, 2003; Membiela, 2001). De facto, a contextualização social e histórica de processos que têm dado lugar à produção de conhecimentos científicos e ao desenvolvimento de artefactos tecnológicos, as controvérsias sociais e os problemas ambientais criados por estes, têm servido de orientação para o desenho de muitos Programas de Ciências dos ensinos básico e secundário e para a concepção de estratégias didácticas. [A este respeito salienta-se no último número publicado da *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, o Monográfico “Las relaciones entre ciencia y tecnología en la enseñanza de las ciencias” incluindo os trabalhos de Acevedo-Díaz *et al.* (2003a; 2003b), Martins (2003), Silva e Núñez (2003), Fernández

et al. (2003), Martín-Gordillo (2003) e Esteban (2003)]. Além disso, estes programas podem permitir o desenvolvimento de competências de participação pública ao promoverem a análise e confronto de argumentos e contra-argumentos sobre um determinado problema (Veja-se, a este respeito, um interessante projecto escolar de simulação de controvérsias tecnocientíficas desenvolvido por Martín-Gordillo e Osório, 2003). Para que esta competência seja alcançada os alunos precisam de compreender o modo de usar evidências para validar conhecimento (Gott e Duggan, 1996), pelo que nos programas escolares de Ciências deverão incluir-se dados reais para serem objecto de análise e questionamento pelos alunos, de modo a que a Escola se assuma como local por excelência para a interpretação da informação constantemente recebida do exterior (Sanmartí, 2002). Com efeito, a interacção ciência-público exige negociação de perspectivas diversas sobre conhecimentos e valores (Tytler, Duggan e Gott, 2001), o que significa que os currículos devem contemplar uma heterogeneidade de sentidos sobre o empreendimento científico. Ora, a orientação CTS para o desenho de programas e o ensino das Ciências é considerada como uma via capaz de permitir alcançar (ou pelo menos alargar) os objectivos do movimento Ciência para Todos, e “this may hold the key to a relevant school science for the twenty-first century” (Mbajorgu e Ali, 2003, pp. 36).

3. Os programas devem incluir temas e estratégias de exploração viradas para o desenvolvimento de competências importantes pessoal e socialmente, as quais devem ser avaliadas. Desenvolver o pensamento crítico, o pensamento abstracto, saber definir vias de resolução de problemas, saber utilizar modelos simples, saber distinguir conhecimento científico e tecnológico de princípios éticos e políticos, desenvolver a capacidade de questionamento são aspectos essenciais para o apuramento do pensamento científico, a única via que permitirá a cada um libertar-se de crenças e superstições e distinguir entre conhecimento científico e outras formas de pensar.
4. Os programas de Ciências devem contemplar, de forma explícita, trabalho prático, laboratorial e experimental adequado ao domínio científico e ao desenvolvimento dos alunos de forma a este assumir o seu verdadeiro valor educacional como via privilegiada para a compreensão e desenvolvimento de competências próprias do pensamento científico, e não como um fim em si mesmo.

5. Os Currículos devem contemplar o ensino formal das Ciências desde os primeiros anos de escolaridade, adaptado à idade das crianças nos temas e estratégias, com objectivos próprios e não “diluído” em áreas como *O Meio* ou *O Ambiente*. Isto não significa que os assuntos/temas não devam ser contextualizados, perspectiva que, aliás, se defende, mas que seja suficientemente claro para as crianças o conhecimento construído e o âmbito da sua aplicação. Defende-se, por isso, que deve ser dada maior visibilidade ao ensino das Ciências no 1.º Ciclo e as competências aqui alcançadas devem ser valorizadas em proveito de outras áreas curriculares, para o que terão de ser avaliadas de forma adequada.

5.4. ARTICULAÇÃO ENSINO FORMAL – ENSINO NÃO FORMAL

A articulação do ensino formal com ambientes de educação não formal é de importância fundamental. A educação formal constitui um período crucial para a formação de cada indivíduo na estruturação da sua personalidade e no desenvolvimento de atitudes e competências. A articulação entre a escola e a sociedade no sentido lato (a escola pertence à sociedade!), e de forma explícita, é fundamental para acentuar, sobretudo nos mais jovens, que as aprendizagens são úteis e se aplicam no dia a dia. Ora os ambientes de aprendizagem não formal das Ciências devem ser dados a conhecer e a usar também no ensino formal, se se pretende promover o seu papel como elemento importante na educação científica do público (UNESCO, ICSU, 1999; Martins e Alcântara, 2000). Visitas a Museus e Centros de Ciência, Exposições, Parques e Jardins temáticos, participação em Debates e Conferências, visionamento de filmes e documentários sobre ciência, leitura de livros e artigos de divulgação científica, são actividades que o ensino formal deve integrar, planificar e avaliar, não só com o intuito de aprendizagens específicas sobre aspectos não possíveis de explorar na sala de aula, mas também com a finalidade de despertar o gosto pelo “consumo” não formal da Ciência. Não sendo a Escola o único lugar de aprendizagem, ela é, seguramente, um lugar de eleição de aprendizagens, em particular daquelas que exigem actividades estruturadas. Nesta perspectiva é necessário que os sistemas de educação formal e não formal se articulem, potenciando intervenções em aspectos complementares, de modo a promoverem a criação de uma sociedade educativa, aquela onde existe uma circulação livre de saberes e onde cada indivíduo exerce as suas competências de literacia, aqui entendidas num sentido

amplo: conjunto de qualificações, apetências e atitudes que as pessoas podem mobilizar numa dada situação.

Tal como defende Delval (2001), a Escola tem de se preocupar com as mudanças que ocorrem na sociedade e assumir como prioritário o desenvolvimento de competências dos indivíduos para detectar problemas, analisá-los criticamente, compreender o sentido das mensagens emitidas pelos meios de comunicação e estar atento às injustiças sociais geradas por desigualdades e problemas de dimensão planetária (Gil-Pérez, Vilches, Astaburuaga e Edwards, 2000). A literacia científica é, porventura, uma das componentes da formação dos indivíduos capaz de dar um contributo positivo para esse fim.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAAS – Project 2061 (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. New York, Oxford: Oxford University Press.
- AAAS – Project 2061 (2000). *Designs for Science Literacy*. New York, Oxford: Oxford University Press.
- 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.
- Acevedo-Díaz, J. A., Vázquez Alonso, A., Manassero Mas, M. A. (2003a). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica e tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2). Versão electrónica <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Acevedo-Díaz, J. A., Vázquez Alonso, A., Manassero Mas, M. A., Acevedo Romero, P. (2003b). Creencias sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2). Versão electrónica <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Aguilar, T. (1999). *Alfabetización científica y educación para la ciudadanía*. Madrid: Narcea, S. A. de Ediciones.
- Aikenhead, G. (2002). Renegotiating the Culture of School Science: Scientific Literacy for an Informed Public. Paper presented at the Lisbon's School of Science Conference commemorating its 30 years of teacher training, Universidade de Lisboa, Portugal. Texto completo em versão electrónica <<http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/portugal.htm>>

- Aksornkool, N. (compiler) (2003). *Literacy as Freedom. A UNESCO Round-table*. Paris: UNESCO, Literacy and Non-formal Education Section Division of Basic Education.
- Archer, D. (2003). Literacy as Freedom. Em N. Aksornkool (compiler), *Literacy as Freedom A UNESCO Round-table*, (pp. 32-46), Paris: UNESCO, Literacy and Non-formal Education Section Division of Basic Education.
- Ayala, F. (1996). La culture scientifique de base. In *Rapport Mondial sur la Science 1996*, (pp. 1-6). Paris: Editions UNESCO.
- Bingle, W. H., Gaskell, P. J. (1994). Scientific literacy for decision making and the social construction of scientific knowledge. *Science Education*, 78 (2), 185-201.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving Scientific Literacy – From purposes to practices*. Portsmouth: Heinemann.
- Cachapuz, A., Praia, J., Jorge, M. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Caraça, J. (1997). *Ciência*. Lisboa: Difusão Cultural, Colecção O que é.
- Caraça, J. (2002). *Entre a Ciência e a Consciência*. Porto: Campo das Letras.
- Charpak, G., Broch, H. (2002). *Feiticeiros e Cientistas O oculto desmascarado pela ciência* (tradução, 2002). Lisboa: Gradiva, Ciência Aberta.
- Conselho Nacional de Educação (CNE) (1996). *Situação Nacional da Literacia*. Actas Seminário. Lisboa: CNE.
- Costa, A. F., Ávila, P., Mateus, S. (2002). *Públicos da Ciência em Portugal*. Lisboa: Gradiva.
- Cross, E. (Ed.) (2003). *A Vision for Science Education. Responding to the work of Peter Fensham*. London, New York: Routledge Falmer.
- Cross, R. T., Price, R. F. (1992). *Teaching Science for Social Responsibility*. Sydney: St. Louis Press.
- Cross, R. T., Price, R. F. (1999). The social responsibility of science and the public understanding of science. *International Journal of Science Education*, 21 (7), 775-785.
- DeBoer, G. E. (2000). Scientific Literacy: Another Look at its Historical and Contemporary Meanings and its Relationship to Science Education Reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (6), 582-601.
- Delval, J. (2001). Qué pretendemos en la educación? *Investigación en la Escuela*, 43, 5-14.
- Dias de Deus, J. (2003). *Da Crítica da Ciência à Negação da Ciência*. Lisboa: Gradiva, Ciência Aberta.

- Esteban Santos, S. (2003). La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2). Versão electrónica <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Eurobarometer 55.2 (2001). *Europeans, science and technology*. Versão electrónica <http://pascal.iseg.utl.pt/~cisep/SeminarioPCC/forum.htm>
- Fensham, P. (1997). School Science and its problems with scientific literacy. In R. Levinson e J. Thomas (editors), *Science Today: Problem or Crisis?* pp. 119-136, London: Routledge.
- Fensham, P. (2000). Providing suitable content in the 'science for all' curriculum. In R. Millar, J. Leach, J. Osborne (editors), *Improving Science Education – The contribution of research*, pp. 147-164, Buckingham, Philadelphia: Open University Press.
- Fensham, P. (2002a). Time to change drivers for Scientific Literacy. *Canadian Journal of Science, Mathematics & Technology Education*, 2 (1), 9-24.
- Fensham, P. (2002b). De nouveaux guides pour l'alphabétisation scientifique. *Canadian Journal of Science, Mathematics & Technology Education*, 2 (2), 131-149.
- Fensham, P., Harlen, W. (1999). School science and public understanding of science. *International Journal of Science Education*, 21 (7), 755-763.
- Fernández, I., Gil, D., Vilches, A., Valdés, P., Cachapuz, A., Praia, J., Salinas, J. (2003). El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2). Versão electrónica <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Fourez, G. (1994). *Alphabétisation scientifique et technique: essai sur les finalités de l'enseignement des sciences*. Bruxelles: De Boeck-Wesmael.
- Fourez, G. (2002). En écho à l'article de Fensham. *Canadian Journal of Science, Mathematics & Technology Education*, 2 (2), 197-202.
- Fraústio da Silva, J. J. R. (2003). Os Desafios das Universidades numa Sociedade do Conhecimento. Em A. H. Friedlander et al., *Globalização, Ciência, Cultura e Religiões*, (pp. 217-223), Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian e Dom Quixote.
- Gil, D., Vilches, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.
- Gil-Pérez, D., Vilches, A., Astaburuaga, R., Edwards, M. (2000). La atención a la situación del mundo en la educación de los futuros ciudadanos y ciudadanas. *Investigación en la Escuela*, 40, 39-56.

- Girod, M., Rau, C., Schepige, A. (2003). Appreciating the Beauty of Science Ideas: *Teaching for Aesthetic Understanding*. *Science Education*, 87 (4), 574-587.
- Godin, B. (1999). *Les Usages Sociaux de la Culture Scientifique*. Québec (Canada): Les Presses de L'Université LAVAL.
- Gonçalves, M. E. (Coord.) (1996). *Ciência e Democracia*. Venda Nova: Bertrand Editora.
- Gonçalves, M. E. (Org.) (2000). *Cultura Científica e Participação Pública*. Oeiras: Celta Editora.
- Gonçalves, M. E. (Org.) (2002). *Os Portugueses e a Ciência*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- Gott, R., Duggan, S. (1996). Practical work: its role in the understanding of evidence in science. *International Journal of Science Education*, 18 (7), 791-806.
- Graber, W., Bolte, C. (Editors) (1997). *Scientific Literacy*. Kiel: IPN.
- Graber, W., Nentwig, P., Becker, H-J., Sumfleth, E., Pitton, A., Wollweber, K., Jorde, D. (2001). Scientific Literacy: From Theory to Practice. In H. Behrendt et al. (editors), *Research in Science Education – Past, Present and Future*, (pp. 61-70), Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Gregory, J., Miller, S. (1998). *Science in Public. Communication, Culture, and Credibility*. New York, London: Plenum Trade.
- Harlen, W. (2001). The Assessment of Scientific Literacy in the OECD/PISA Project. In H. Behrendt et al. (editors), *Research in Science Education – Past, Present and Future*, pp. 49-60, Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Harlen W. (2002). Evaluar la alfabetización científica en el programa de la OECD para la evaluación internacional de estudiantes (PISA). *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (2), 209-216.
- Harlen W. (2003). Developments in the assessment of scientific literacy in the OECD/PISA project. *School Science Review*, 85 (311), 91-98.
- Holton, G. (1993). *Science and Anti-Science*. Cambridge, Massachusetts, London: Harvard University Press.
- Hurd, P. (1994). New minds for a new age: Prologue to modernizing the science curriculum. *Science Education*, 78 (1), 193-216.
- Hurd, P. D. (1998). Scientific literacy: new minds for a changing world. *Science Education*, 82(3), 407-416.

- Irwin, A. (1995). *Ciência Cidadã. Um Estudo das Pessoas Especialização e Desenvolvimento Sustentável*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Jenkins, E. W. (1990). Scientific literacy and school science education. *School Science Review*, 71(256), 43-51.
- Jenkins, E. W. (1994). Public understanding of science and science education for action. *Journal of Curriculum Studies*, 26 (6), 601-611.
- Jenkins, E. W. (1997). Towards a functional public understanding of science. In R. Levinson e J. Thomas (editors), *Science Today: Problem or Crisis?* pp. 137-150, London: Routledge.
- Jenkins, E. W. (1999). School science, citizenship and the public understanding of science. *International Journal of Science Education*, 21 (7), 703-710.
- Jenkins, E. W. (2000). Research in Science Education: Time for a Health Check? *Studies in Science Education*, 35, 1-26.
- Kemp, A. C. (2002). Implications of diverse meanings for “scientific literacy”. In B. A. Crawford (Eds.) *Proceedings of the 2002 Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science* (pp. 1202-1229). Pensacola, FL: AETS. Versão electrónica <http://www.ed.psu.edu/CI/Journals/2002aets/s3Kemp.rtf>
- Kolsto, S. D. (2001). Scientific Literacy for Citizenship: Tools for Dealing with the Science Dimension of Controversial Socioscientific Issues. *Science Education*, 85(3), 291-310.
- Kourilsky, P. (1998). *La Science en Partage*. Paris: Éditions Odile Jacob.
- Kyle, W. C., Jr. (1995a). Scientific literacy: How many lost generations can we afford? *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (9), 895- 896.
- Kyle, W. C., Jr. (1995b). Scientific literacy: Where do we go from here? *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (10), 1007-1009.
- Laugksch, R. C. (2000). Scientific Literacy: A Conceptual Overview. *Science Education*, 84 (1), 71- 94.
- Laugksch, R. C., Spargo, P. E. (1996). Development of a pool of scientific literacy test-items based on selected AAAS literacy goals. *Science Education*, 80 (2), 121-143.
- Layton, D., Davey, A., Jenkins, E. (1986). Science for specific social purposes (SSSP): Perspectives on adult scientific literacy. *Studies in Science Education*, 13, 27-52.
- Lee, O. (1997). Scientific Literacy for All: What is it, and How can we achieve it? (Guest Editorial), *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (3), 219-222.

- Lewenstein, B.V. (1996). Que tipo de programas de “Compreensão da Ciência pelo público em geral” melhor servem uma democracia? In M. E. Gonçalves (Coord.), *Ciência e Democracia*, pp. 311-329, Venda Nova: Bertrand Editora.
- Lowery, L. F. (Ed.) (2000). *Pathways to the Science Standards*. Arlington: NSTA Press.
- Martín-Gordillo, M. (2003). Metáforas y simulaciones: alternativas para la didáctica y la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2). Versão electrónica <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Martín-Gordillo, M., Osorio M., C. (2003). Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 32, Maio-Agosto. Versão electrónica <http://www.campus-oei.org/revista/rie32a08.htm>
- Martins, I. P. (2002). Das potencialidades da Educação em Ciências nos primeiros anos aos desafios da Educação Global. *Revista Portuguesa de Formação de Professores*, Vol.2. Versão electrónica http://www.inafop.pt/revista/docs/artigo_cinco_potencialidades_educacao_ciencias.html
- Martins, I. P. (2003). Formação inicial de Professores de Física e Química sobre a Tecnologia e suas relações Sócio-Científicas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2). Versão electrónica <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Martins, I. P., Alcântara, F. (2000). Intercompreensão na educação formal e não formal em Ciências – O desafio actual. *Intercompreensão – Revista de Didáctica das Línguas*, 8, 9-22.
- Martins, I. P., Veiga, M. L. (1999). *Uma análise do currículo da escolaridade básica na perspectiva da educação em ciências*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.
- Mbajorgu, N. M., Ali, A. (2003). Relationship Between STS Approach, Scientific Literacy, and Achievement in Biology. *Science Education*, 87 (1), 31-39.
- Membela, P. (1997). Alfabetización científica y ciencia para todos en la educación obligatoria. *Alambique*, 13, 37-44.
- Membela, P. (Editor) (2001). *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea, S.A. Ediciones, Colección Educación Hoy Estudios.
- Membela, P. (2003). Más allá de la comprensión pública de la ciencia. Hacia la alfabetización científica. Em M. A. Quintanilha, J. Vega Encabo (Directores), *Actas Congreso Internacional La Ciencia ante el Público – Cultura humanista y desarrollo científico-tecnológico*, (pp. 302-309, Sección V). Salamanca: Universidade, Instituto Universitario de Estudios de la Ciencia y la Tecnología. (CD-ROM ISBN: 84-688-2676-6).

- Millar, R. (1996). Towards a science curriculum for public understanding. *School Science Review*, 77, 7-18.
- Millar, R. (1997). Science Education for Democracy: What can the School Curriculum Achieve? In R. Levinson e J. Thomas (editors), *Science Today: Problem or Crisis?* pp. 87-101, London: Routledge.
- Millar, R., Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science Education for de Future*. London: King's College London, School of Education.
- Miller, J. D. (1994). Scientific literacy: an updated conceptual and empirical review. In J. M. Gago (coord.), *O Futuro da Cultura Científica*, pp. 37-57, Lisboa: Instituto de Prospectiva.
- Miller, J. D. (1997). Civic Scientific Literacy in the United States: A Developmental Analysis from Middle-school through Adulthood. In W. Graber, C. Bolte (Editors) *Scientific Literacy* (pp. 121-142) Kiel: IPN.
- NRC (1996). *National Science Education Standards*. Washington: National Academy Press.
- OECD (2000). *Measuring student knowledge and skills: The PISA assessment of reading, mathematical and scientific literacy*. Paris: OECD.
- OECD (2002). *Programme for International Student Assessment – Sample tasks from the PISA 2000 assessment of reading, mathematical and scientific literacy*. Paris: OECD.
- OECD (2003). *The PISA 2003 Assessment Framework – Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*. Paris: OECD.
- Office of Science and Technology and Wellcome Trust (2000). *Science and the Public. A review of Science Communication and the Public Attitudes to Science in Britain*. London: The Wellcome Trust (www.wellcome.ac.uk)
- Osborne, J. (2000). Science for citizenship. In M. Monk, J. Osborne (editors), *Good Practice in Science Teaching. What research has to say*, pp. 225-240, Buckingham, Philadelphia: Open University Press.
- Poole, M. (1995). *Princípios e Valores na Educação Científica* (Tradução). Lisboa: Instituto Piaget.
- PNUD (2003). *Relatório do Desenvolvimento Humano 2003 – Objectivos de Desenvolvimento do Milénio: Um pacto entre nações para eliminar a pobreza humana*. Queluz: MENSAGEM.

- Ramalho, G. (coord.) (2001). *Resultados do estudo Internacional PISA 2000 – Programme for International Student Assessment*. Lisboa: Ministério da Educação / Gabinete de Avaliação Educativa.
- Rodrigues, M. L., Duarte, J. e Gravito, A. P. (2000). Os Portugueses perante a Ciência. O inquérito de 1996/97. In M. E. Gonçalves (Org.), *Cultura Científica e Participação Pública*, pp. 33-39, Oeiras: Celta Editora.
- Rutherford, F. J., Ahlgren, A. (1990). *Ciência para Todos* (tradução, 1995). Lisboa: Gradiva.
- Ryder, J. (2001). Identifying Science Understanding for Functional Scientific Literacy. *Studies in Science Education*, 36, 1-44.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Editorial SÍNTESIS.
- Sen, A. (2003). Reflections on Literacy. Em N. Aksornkool (compiler), *Literacy as Freedom A UNESCO Round-table*, (pp. 20-30), Paris: UNESCO, Literacy and Non-formal Education Section Division of Basic Education.
- Shamos, M. H. (1995). *The Myth of Scientific Literacy*. New Brunswick, New Jersey: Rutgers University Press.
- Silva, M. G. L., Núñez, I. B. (2003). Os saberes necesarios aos professores de química para a Educação Tecnológica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2). Versão electrónica <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Simpson, R. D., Koballa Jr., T. R., Oliver, J. S., Crawley, F. E. (1994). Research on the affective dimension of science. In D. L. Gabel (ed), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp. 211-236), New York: MacMillan Pub Co.
- Sjoberg, S. (1997). Scientific literacy and school science. Arguments and second Thoughts. In E. Kallerud, S. Sjoberg (Eds.): *Science, technology and citizenship. The public understanding of science and technology in Science Education and research policy* (pp. 9-28). Oslo: Norwegian Institute for Studies in Research and Higher Education (NIFU). Versão electrónica <<http://folk.uio.no/sveinsj/Literacy.html>>
- Tytler, R., Duggan, S., Gott, R. (2001). Dimensions of evidence, the public understanding of science and science education. *International Journal of Science Education*, 23 (8), 815-832.
- UNESCO e ICSU (1999). *Ciência para o Século XXI – Um novo Compromisso*. Paris: UNESCO.
- Walberg, H. J., Paik, S. (1997). Scientific Literacy as an International Concern. In W. Graber, C. Bolte (Editors) *Scientific Literacy* (pp. 143-166) Kiel: IPN.

Wearmouth, J., Soler, J., Reid, G. (2003). Meeting Difficulties in Literacy Development. Research, policy and practice. London, New York: Routledge Falmer.

- - - - -

Publicação parcial em:

Martins, I. P. (2004). Alfabetizació científica. Una perspectiva cultural en la societat del coneixement. *Revista del Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciats en Filosofia i Lletres i en Ciències de Catalunya*, Núm. 122, pp. 30-44 (Editor: Francesc Danés) (ISSN: 2014-5403).