

Educação em Ciências: contributos epistémicos



Science Education: epistemic contributions

Educación de las Ciencias: contribuciones epistémicas

António Cachapuz ¹

Resumo: Como é que podemos consolidar, dar coerência e aprofundar propósitos comuns no âmbito da Educação em Ciências? Um modo possível é através de uma reflexão crítica sobre questões estruturantes e programáticas organizadas segundo duas metáforas: Olhar para dentro, metáfora sobre a necessidade de reflectir sobre o que somos como comunidade, até onde chegámos e dinâmicas de trabalho em curso, ou seja, olhar para o construído e sobre os sentidos do construído. Olhar para longe, ou seja, como melhorar o que fazemos e como tornar mais visível e reconhecido o trabalho realizado. Alinham-se respostas tentativas.

Palavras-chave: Educação. Ciência. Comunidade. Dinâmicas. Epistémico.

Abstract: How can we consolidate, give coherence and deepen common purposes in the field of Science Education? One possible way is through a critical reflection on structuring and programmatic issues organized according to two metaphors: Looking inside, metaphor about the need to reflect on what we are as a community, how far we have come, and dynamics of work in progress, that is, looking at was built and the meanings of it. Looking far way, that is, how to improve what we do and how to make the work done more visible and recognized. Tentative responses are proposed.

Keywords: Education. Science. Community. Dynamics. Epistemic.

Resumen: ¿Cómo podemos consolidar, dar coherencia y profundizar propósitos comunes en el ámbito de la Educación Científica? Una forma posible es a través de una reflexión crítica sobre cuestiones estructurantes y programáticas organizadas en torno a dos metáforas: Mirar hacia adentro, sobre la necesidad de reflexionar sobre lo que somos como comunidad, lo lejos que hemos llegado, y las dinámicas de trabajo en progreso, es decir, mirar lo construido y los significados de lo construido. Mirando a la distancia, es decir, cómo mejorar lo que hacemos y cómo hacer más visible y reconocido el trabajo realizado. Se alinean respuestas tentativas.

Palabras-clave: Educación. Ciencia. Comunidad. Dinámicas. Epistémico.

Submetido 03/10/2024

Aceito 08/12/2024

Publicado 19/12/2024

¹ Professor Catedrático (aposentado) da Universidade de Aveiro/CIDTFF, Portugal. ORCID 0000-0001-9112-6087 cachapuz@ua.pt

Introdução

“Todas as épocas têm as suas aflições características”. Assim se manifesta o filósofo Byung – Chul Han (2010, p.2), refletindo sobre o diagnóstico da modernidade e sentido do progresso na sociedade da informação e suas derivas. Recupero a nível pessoal esta preocupação do filósofo e revisito as minhas próprias aflições académicas: como é que podemos consolidar, dar coerência e aprofundar propósitos e orientações comuns da educação em ciências? Esta a questão que perpassa o estudo que se segue.

A bem dizer, a questão em estudo insere-se em contributos sobre a epistemologia da educação em ciências. Na ausência de uma teoria geral que unifique e dê coerência a conceitos, fenómenos e circunstâncias com respeito ao ensino, aprendizagem e formação na área das ciências, são necessárias reflexões mais globais que apoiem a construção e sistematização desta área emergente do conhecimento. Mas não só. Tais reflexões transbordam o estrito académico e revelam-se como dispositivos de construção de uma adequada cultura científica, ou seja, a qualidade que ajuda o indivíduo/grupo a dar sentido, coerência e orientação ao conhecimento, se necessário questionando-o, lidar com a mudança e dela formar uma representação coerente. Os alertas são recorrentes. De acordo com a Comissão Europeia:

Para o exercício da cidadania numa sociedade aberta, pluricultural e democrática é importante sublinhar o papel de uma cultura científica suficiente para o bom exercício da democracia. As nossas democracias funcionam segundo regras de decisão maioritária sobre os grandes problemas (ambientais ou éticos) que, devido à sua complexidade, exigem cada vez mais cultura (Comissão Europeia, 1995, p. 28).

Razão tinha George Steiner quando, pouco antes de nos deixar, afirmava que a cultura é aquilo que nos salva.

Para os mais incautos, a questão em estudo pode apoiar uma reflexão diacrónica sobre desenvolvimentos do campo de estudo que não se circunscreva ao fascínio do presente. A questão não é somenos já que se há algo que configure o tempo presente é uma sobrevalorização do imediato, muito por via do deslumbramento tecnológico, o designado “presente contínuo” envolvendo uma “desmemória de acontecimentos, processos históricos e valores” (Rosas, 2016, p.10). Do outro lado do oceano, para Vargas Losa, confunde-se “o que é consumível no instante e desaparece, com o que transcende o tempo presente” (Losa, 2012, p. 2).

Embora a investigação em educação em ciências nos remeta para meados do século XX, o interesse por estudos de revisão/estado da arte facilitando um olhar de síntese sobre a construção da educação em ciências é sobretudo patente desde a viragem do século. Embora uma perspectiva global seja acessível através do recente Handbook III of Research on Science Education (Lederman, G; Zeidler; Lederman, J., 2023), referem-se aqui alguns estudos de revisão pela sua pertinência para o trabalho em curso e pela diversidade de temas abordados, vários deles, aliás, por autores brasileiros.

Bem no limiar do século, Cachapuz et al. (2001) abordam a emergência da Educação em Ciências como campo específico de conhecimento defendendo e justificando que ela não é uma aplicação da Ciências da Educação nem uma mera projeção intradisciplinar das designadas disciplinas mãe (física, química, biologia...). Do que se trata é de transposições estratégicas conduzindo a um espaço constitutivo de natureza interdisciplinar. Após extensa análise de publicações internacionais nos últimos 20 anos abrangendo diversas linhas de investigação, consideram que “tudo isto nos conduz a um corpo de conhecimentos estritamente interligados, no qual as distintas investigações se apoiam mutuamente e que o progresso teórico e prático conseguidos em apenas duas décadas é impressionante (p. 178). Tais progressos não cessaram de crescer desde então e, recuperando o modelo proposto por Garcia (1999) agora adaptado à educação em ciências, eles consubstanciam a educação em ciências como área emergente do conhecimento, a saber: a existência de um objeto próprio, metodologias específicas de trabalho, uma comunidade com uma linguagem própria, integração dos membros dessa comunidade no desenvolvimento da pesquisa e ainda o reconhecimento institucional da educação em ciências como um elemento chave na qualidade da ação educativa

Também Fensham (2004) aborda a emergência da educação em ciências como um campo internacional de investigação a partir de três dimensões: a sua identidade como campo de investigação, o investigador como pessoa e linhas de investigação.

Osborne e Hennessey (2003) elaboram um extenso relatório (várias versões) de revisão da literatura da educação em ciência e o papel das tecnologias da informação e comunicação (TIC) (por exemplo, www.futurelab.org.uk/research/lit_reviews.htm). Os autores discorrem sobre fundamentos e finalidades da educação em ciência e analisam problemas e possíveis direcções futuras. Chamam a atenção dos designers de recurso didácticos, em particular das

TIC, para a necessidade de uma adequada compreensão da origem e razões subjacentes a mudanças em curso.

Mais próximo de nós, Strieder (2012) em estudo com densidade teórica e extensa revisão bibliográfica identifica e caracteriza possíveis abordagens CTS presentes na educação científica brasileira; a autora identifica o que designa por três categorias de síntese: “Natureza das investigações, Pressupostos CTS e Práticas de sala de aula” (Strieder, 2012, p. 68). Considera que uma tal matriz “serve de referência para localizar as diversas abordagens CTS presentes no contexto brasileiro da educação científica” (Strieder, 2012, p. 268) e esclarece que uma tal matriz não tem um sentido classificatório dos estudos realizados, mas sim abrir “a possibilidade de reconhecermos as diferentes dimensões a serem contempladas em propostas CTS (Strieder, p. 269).

Sobre a última das categorias mencionadas por Strieder (2012), a diversidade das práticas de ensino CTS desenvolvidas é uma das conclusões de um estudo levado a cabo por Gonçalves et al. (2024) a partir da análise crítica de 39 estudos apresentados em periódicos brasileiros, sobretudo no ensino médio. Os autores consideram seis categorias dessas práticas, a saber: “debate sobre temas socioambientais, sequência didática, três momentos pedagógicos, mapas conceituais; atividades experimentais; práticas educativas mistas” (Gonçalves et al. (2024, p.17). Os autores acrescentam que as práticas verificadas “possibilitaram aos estudantes uma formação que foi além do aprendizado do conteúdo científico propriamente dito, visando a abordagem de problemas que afetam a sociedade como um todo” (p.17).

Freitas e Ghedin (2015) fizeram um levantamento e síntese de pesquisas sobre estado da arte em CTS publicadas de 2008 a 2013 (13 trabalhos) e analisam comparativamente com a produção (21 artigos) com enfoque CTS publicada em quatro periódicos brasileiros no período de 2009 a 2013. Os autores consideram que a linha de pesquisa CTS “permanece em processo de expansão; a Educação Básica e os professores continuam sendo a modalidade de formação e sujeitos mais investigados; as pesquisas têm priorizado como foco temático as implementações da abordagem CTS em sala de aula” (p.3). Acrescentam ainda que tais estudos revelam reflexões teóricas que se fundamentam em especial nos pressupostos freireanos.

Na continuidade temporal desse estudo, Prado (2021) apresenta um levantamento de 112 estudos, teses e dissertações realizadas no Brasil, tendo em vista mapear o estado da arte

no campo CTS de 2014 /17. Uma das conclusões do estudo é da “escassez de trabalhos que buscam identificar o” estado da arte” em CTS” (Prado, 2021, p. 113838).

Souza, Cabral e Queiroz (2019) apresentam uma revisão sistemática de 122 dissertações e 21 teses sobre a experimentação no ensino da química no período 2004 a 2013 no Brasil, sendo a maioria no ensino médio (68,5%). Os focos privilegiados de estudo foram a experimentação como estratégia didática e a experimentação em materiais didáticos. As autoras concluem que “a produção sobre o assunto é contínua e irregular com uma tendência de crescimento no período 2004 a 2013” (p.113).

O elo mais fraco identificado em estudos de síntese respeita a formação de professores de ciências. Por exemplo, no estudo acima reportado, Souza, Cabral e Queiroz (2019) reportam que “a experimentação vinculada à formação inicial e continuada de professores foi abordada de forma incipiente indicando que essa é uma lacuna a ser preenchida em estudos futuros” (p.93). Com efeito, há inúmeros estudos parcelares sobre temas específicos da formação de professores de ciências, quer de índole teórica quer empírica, por certo de grande relevância, mas trabalhos de revisão de literatura são bem mais raros. Frequentes são os estudos sobre o estado da arte na formação de professores, mas não de professores de ciências. No estudo de Abd-El-Khalick e Lederman (2000), ainda que controverso, os autores apresentam uma revisão e avaliação da efetividade de estudos levadas a cabo para melhorar a concepção de professores / futuros professores, sobre a natureza da ciência, definida pelos autores como “epistemologia do conhecimento, ciência como meio de conhecimento, valores e crenças inerentes ao desenvolvimento do conhecimento científico” (p. 666). No seu conjunto, os estudos analisados no estudo envolveram 526 professores / futuros professores. Os autores concluem que uma abordagem explícita do tema (p. ex., elementos da história e filosofia da ciência) seria mais vantajosa do que uma abordagem implícita (p. ex., através de estratégias de ensino “inquiry” ou “process skills”). No entanto, segundo os autores, as mudanças de concepção sobre a natureza da ciência observadas são limitadas devido ao pouco tempo das intervenções levadas a cabo, comparativamente ao tempo dedicado a outros assuntos curriculares, e possíveis limitações metodológicas do estudo, em particular, o significado diferente atribuído pelos professores e inquiridores sobre a terminologia usada.

O traço comum dos estudos apresentados é de que uma melhor compreensão da natureza do conhecimento construído pode ajudar a (re)definir prioridades de investigação e possíveis

caminhos para a melhorar. O pressuposto é de que uma sólida investigação e/ou reflexão crítica pode dar contributos adequados para o efeito. É neste quadro de argumentos que se insere a questão de partida - como é que podemos consolidar, dar coerência e aprofundar propósitos e orientações comuns da educação em ciências?

Um modo possível de a abordar é através de uma reflexão crítica sobre questões estruturantes e estratégicas da educação em ciências. Trata-se de, em primeiro lugar, “olhar para dentro”, metáfora sobre a necessidade de reflectir sobre o que somos como comunidade, até onde chegámos e dinâmicas de trabalho em curso, ou seja, olhar para o construído e sobre os sentidos do construído na educação em ciências. Parafraseando a simplicidade filosófica de Hanna Arendt, o que que é que andamos a fazer. Um tal exercício vai mais além do seu sentido meramente académico. Mas não só “olhar para dentro”. É também desejável “olhar para longe”, ou seja, como melhorar o que fazemos como comunidade e como tornar mais visível e reconhecido o trabalho realizado, claramente já no âmbito de objectivos estratégicos da educação em ciências.

O estudo explorou uma abordagem da pesquisa qualitativa de natureza interpretativa (Ludke; André, 1986). O processo de análise seguiu técnicas de análise documental (Flick, 2009) com uma imersão nos diferentes dados obtidos e sua seleção em função da finalidade do estudo. Como fontes privilegiadas foi usada bibliografia pertinente na área da educação em ciências e epistemologia da ciência.

Olhar para dentro

Olhar para dentro é olhar para o estado das coisas (Quadro 1), não meros “outputs” alcançados no âmbito da educação em ciências, mas como operadores identitários, de afirmação externa e partilha de uma comunidade. Não é coisa pouca termos sido capazes de formar gerações de jovens dispendo de conhecimentos, competências e valores que lhes permitem exercer melhor a sua cidadania um pouco por todo o mundo.

Quadro 1: O estado das coisas

| Descritor | As coisas |
|--------------|--|
| Formação | Oferta de formação graduada e pós-graduada de qualidade (incluindo em departamentos universitários de educação em ciências); Museus dinâmicos de ciências, exploratórios, feiras de ciências...em apoio ao ensino, formação e compreensão por públicos alargado; Parcerias entre escolas e instituições de ensino superior em apoio à formação inicial e contínua de professores |
| Ensino | Diversidade de dispositivos e recursos didáticos desenvolvidos; Estratégias de ensino e de avaliação diversificadas (incluindo parafernália tecnológica, p. ex., E-learning, B-learning, M-learning, R-learning); Projectos de escola; Mobilidade internacional de estudantes |
| Investigação | Linhas de investigação estabelecidas (trabalho experimental; interdisciplinaridade; concepções alternativas; pensamento crítico; género; TIC; história; epistemologia, CTS...); Centros/grupos de investigação de reconhecida qualidade; Eventos nacionais e internacionais frequentes (ENPEC; ENEC; ECRICE...); Dissertações e teses Publicações incluindo jornais/revistas de circulação internacional; Associações de professores e de investigadores (ABRAPEC; ASE; APEDuC; IOSTE...) Redes nacionais e internacionais de investigação (AIA/CTS...); Acesso a financiamento em agências nacionais e internacionais; Mobilidade internacional de professores e investigadores |

Fonte: Adaptado de Cachapuz (2022)

Como se chegou até aqui?

Por certo como resultado do trabalho de homens e mulheres desenvolvido nos últimos 60 anos necessariamente com interesses, motivações e abordagens diversas de ciência, da educação e sobretudo da educação em ciências. Nem poderia ser de outro modo, já que sabemos que “no final do século XX deveria ser claro que nenhum sistema de pensamento é capaz de explicar o mundo em todos os seus detalhes” (Jacob, 1981, p.48). Não me consta que a complexidade do mundo e das ideias tenha involuído desde então, muito pelo contrário.

Na impossibilidade de elaborar cada um dos itens acima, e correndo o risco de simplificar o que é complexo, tem sentido caracterizar sumariamente o que lhes subjaz, ou seja, diferentes visões concorrentes de educação em ciências (Quadro 2). Na discussão de um sistema de ideias o elemento de historicidade deve, sempre que possível, estar presente e valorizando a

história não como o mero estudo do passado, mas sim como o estudo da mudança. O mesmo é dizer privilegiar uma visão diacrónica ainda que nem sempre sejam claras as linhas de demarcação entre tais visões que de diferentes modos perpassam/perpassaram os desenvolvimentos acima reportados no ensino, na formação e na investigação.

Quadro 2: Dinâmicas de educação em ciências (síntese)

| Descritores | Académica | Pragmática | CTS |
|----------------------------------|--|--|---|
| Foco epistémico | lógica e estrutura das disciplinas (essencialista) | valor de uso; contextos reais e oportunidades de uso das teorias (pragmatismo) | implicações (social, ética, ambiental...) e limitações da C&T; contextos múltiplos; ODS; valoração da H e F da ciência |
| Finalidade | capacitação científica para futuros estudos científicos | capacitação em tecnociência; formação de “capital humano”; hiperespecialização | empoderamento cidadão; cultura científica; democracia participativa; valores |
| Orientação curricular prevalente | conteudista; reprodução do conhecimento disciplinar; tecnologia como mera aplicação da ciência; pulverização disciplinar | competências; inovação C&T; eventuais impactos da C&T mas sem os problematizar; multidisciplinar | inter-relações C/T/S; controvérsias sócio/científicas; conceito de risco; princípio da prevenção; argumentação; interdisciplinar |
| Exemplos | conceito de ácido; leis de Newton; teoria da tectónica das placas | estudo Físico/Químico da acidificação oceânica | estudo F/Q da acidificação oceânica, impactos, alternativas de superação; prevenção; controvérsias; e - lixo; alterações climáticas; temas histórico/críticos |
| Aprendizagem | aquisição de conhecimentos; conhecimento é exterior ao aluno | o que se faz com os conhecimentos; procedimentos e competências (software digital; M learning; Hi Flow...); conhecimento é exterior ao aluno | impactos do que se faz com os conhecimentos; alternativas de superação; prevenção; aluno |

| | | | |
|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--|
| | | | co/construtor do conhecimento |
| Avaliação (foco) | conteúdos; normativa/ sumativa | resultados e processos; sumativa | resultados, processos, atitudes e valores; formativa |
| Institucionalização | fraca | Forte | emergente |

Fonte: Própria (2024)

Sendo embora uma apresentação sumária de três importantes dinâmicas concorrentes de educação em ciências, não é difícil reconhecer em vários dos itens do Quadro 2 exemplos do designado núcleo irreduzível dos Programas de Pesquisa de Lakatos seguindo uma linha de análise reportada recentemente por Teixeira (2024) ao analisar a epistemologia de Lakatos e as pesquisas em educação CTS (ver em particular p.13).

A designação Pragmática é cunhada da filosofia de Charles Peirce (1929/1914) para quem as ideias só são úteis se servirem para resolver no imediato os problemas, uma filosofia em linha com a valorização da Tecnociência, aqui entendida como a “ciência produzida no contexto da tecnologia e por ela dirigida e regulada” (Koslowsky, 2015, p.13). Uma boa parte dos itens Pragmática valorizando as interações C/T (ver por exemplo, finalidades), caberiam na designada abordagem curricular STEM/CTEM. De acordo com *Perales e Aguilera*:

El origen STEM posee unas connotaciones políticas y económicas más marcadas que las de CTS. En consonancia con ese origen, STEM trata de incrementar las vocaciones y las competencias científico-tecnológicas y matemáticas que ayuden a mejorar la competitividad de los países. Frente a CTS, que enfatiza los vínculos de la Ciencia y la Tecnología con la Sociedad, STEM lo hace sobre las relaciones entre las disciplinas integradas en el acrónimo. El papel de la Tecnología en CTS es más subsidiario que en el caso de STEM donde adquiere un protagonismo mayor (Perales e Aguilera, 2020, p.11).

O foco é nas aplicações da C & T visando melhorar o interesse dos estudantes e a formação de futuros profissionais de C, T, engenharia. É uma abordagem minimalista ao não incluir a problematização das relações C, T e sociedade, económicas e até políticas. A visão Académica da educação em ciências, fortemente ancorada na ciência Positivista, sendo embora uma dinâmica em perda nem por isso está ausente. Por exemplo, tenha-se em conta o currículo dos anos iniciais da formação inicial de professores em várias instituições de ensino superior (voltarei a esta questão mais à frente). A institucionalização é necessariamente função de

diversas geografias nacionais e níveis de ensino/formação. É sabido que as dinâmicas CTS são mais valorizadas nos anos iniciais de ensino.

É pertinente analisar a mudança a nível das finalidades das diferentes visões, desde a capacitação científica para estudos futuros (Académica) - aquela em que o autor destas linhas fez a maior parte da sua escolaridade - passando pela capacitação em tecnociência (Pragmática) até ao empoderamento cidadão (CTS). Na leitura diacrónica das três dinâmicas apresentadas é visível uma deslocalização epistémica acrescentando valor humanista à alternativa CTS.

Do que se trata é da defesa de uma ciência mais perto das pessoas, socialmente comprometida, no quadro de um ideal emancipatório e ancorada numa ética de responsabilidade e de solidariedade. Estes são princípios que consubstanciam uma deslocalização epistémica no quadro de uma visão do conhecimento científico como lugar de um reencontro de cariz humanista do Homem com a natureza e consigo mesmo. É o acentuar do papel do sujeito (Cachapuz, 2022, p. 67).

Uma tal deslocalização epistémica da educação em ciências tem raízes diversas através de “contaminações” epistémicas ao longo do tempo da própria ciência e da metaciência (em particular da Sociologia da Ciência e História/Filosofia da Ciência), entre outras. É o que mais à frente se aborda.

Olhar para longe

A metáfora ilustra um objectivo estratégico da educação em ciências. Como acima referido, trata-se de como melhorar o que fazemos como comunidade e como tornar mais visível e reconhecido o trabalho realizado. Nos limites deste estudo elaboram-se pela sua pertinência e potencial de mudança: (i) construir dispositivos de apoio a reflexões epistémicas na formação de professores (ii) fortalecer a relação entre conteúdo e contexto (iii) levar a ciência a públicos alargados (iv) alargar o objecto de estudo. Desta última escolha não se apresenta aqui qualquer desenvolvimento específico já que, no essencial, incidiria sobre relações dialógicas entre arte e ciência no ensino das ciências, assunto que se remete para estudo anterior do autor (Cachapuz, 2020).

Construir dispositivos de apoio a reflexões epistêmicas na formação de professores

Não faltam estudos sobre problemáticas de índole epistêmica que ajudam a clarificar o papel da natureza da ciência na educação em ciências (Praia; Gil- Perez; Vilches, 2007, entre outros). Menos frequente são dispositivos de apoio à formação de professores (o elo mais fraco da mediação) que de forma diacrônica e não retórica articulem as dinâmicas da ciência com dinâmicas da educação em ciências. Dito de outro modo, possíveis “contaminações” da ciência/metaciência na educação em ciências.

Com o resguardo necessário a um tal exercício, é possível estabelecer, ainda que tentativamente, algumas “contaminações” epistêmicas entre o Quadro 2 e o Quadro 3, respectivamente. Em particular, a visão Crítico-Humanista da ciência, aquela que no fundo traduz um olhar cruzado entre modos de vida (ética) e modos de produção científica, seria a mais consistente com dinâmicas CTS. Na visão Crítico-Humanista:

A ciência pode esclarecer as questões, calcular os custos relativos dos vários cursos alternativos de ação, mostrar as melhores maneiras de implementação. Mas não pode tirar de nós a responsabilidade humana pela escolha e pela decisão (Ferrarotti, 1998, p.56).

Um posicionamento em linha com o manifesto da UNESCO (1999) sobre a ciência para o século XXI e seus compromissos.

Quadro 3: Dinâmicas de ciência (síntese)

| Descritor | Iluminista | Tecnociência | Crítico-Humanista |
|------------|---|---|---|
| Mundivisão | antropocêntrica | antropocêntrica | ecocêntrica |
| Episteme | causa, ordem e “método científico” como operadores do conhecimento; cientismo; segmentação e hierarquização do conhecimento; neutralidade social; determinista; disciplinar | valor prático como critério de verdade; eficácia resolutive; incerteza e indeterminação como operadores de conhecimento; multidisciplinar | crítica/limites à priorização tecnocientífica da cidadania; práticas contextualizadas; condição histórica; multireferencialidade do conhecimento; indeterminação; desafios éticos; interdisciplinar |

| | | | |
|--|---|--|---|
| Singularidades | descritiva; explicativa; previsional; tecnologia como mera aplicação da ciência; restrita a comunidade de cientistas | transformativa (da natureza); integração da ciência com tecnologia; inovação; modelação; simulação | impactos sócio/ambientais; ODS, prevenção; ética de responsabilidade; sustentabilidade; solidariedade intergeracional |
| Socialização | não intencional | unidirecional | reflexiva (o regresso do sujeito) |
| Exemplos | leis da natureza” descodificadas como os objectos de estudo da ciência | nanotecnologias; robótica; aeroespacial; telemedicina; automação; redes digitais... | ecologia; problemáticas: sócio/ambientais (bioética, alterações climáticas, nuclear, IA...) |
| Modelo económico (maximização do valor) | economia linear (extracção; produção; desperdício); “capital natural” | otimização dos recursos; desenvolvimentista; “capital humano” | economia circular; ecoeficiência; eco/efectividade |
| Institucionalização | variável | dominante | emergente |

Fonte: Próprio (2024)

No essencial, o que separa as diferentes visões no Quadro 3 é a ciência a interrogar-se a si mesma. Ou de forma mais erudita:

A ciência torna-se cada vez mais necessária, mas cada vez menos suficiente na elaboração de uma definição socialmente estabelecida da verdade. A cientifização reflexiva abre aos destinatários e utilizadores da ciência na sociedade novas possibilidades de influência e de acção nos processos de produção e utilização dos resultados científicos (Beck, 2008, p. 344/5).

De certo modo o que se apresenta no Quadro 3 não traz em si mesmo nada de novo. É uma tentativa de abordar vários “ismos” abundando na literatura tornando mais claros os seus núcleos estruturantes. O potencial valor do exercício está em ser explorado como um dispositivo didático de apoio à de reflexão crítica, em particular na formação de professores. Para começo de conversa valeria a pena reflectir sobre as mundivisões aí referidas e seu contexto

histórico/cultural, incluindo o papel da visão Iluminista em nos ter ajudado a deslocar de uma visão teocêntrica.

Fortalecer a relação entre conteúdo e contexto

Trata-se de minimizar a tensão sempre latente no ensino das ciências, em particular de ordem curricular, resultante da necessidade de compatibilizar objectivos científicos com objectivos educacionais. Não há solução única para o problema, mas uma maneira possível de o abordar é desenhar, ainda que tentativamente, um racional para o efeito que ajude a compreender as situações em estudo e tomar decisões. O Quadro 4 adaptado de proposta de Fensham (2014), ela mesma elaborado com base nos estudos de Kurtz e Snowden (2003), pretende contribuir para uma análise possível da tensão referida. Os conteúdos organizam-se segundo quatro possibilidade contextuais de acordo com o padrão de relações existentes, em particular a im/previsibilidade dos conteúdos.

Quadro 4: Matriz de relações conteúdo/contexto

| | |
|--|---|
| <p>Ciência de contexto complicado relações entre conteúdos são previsíveis; relações fortes; espaço de aplicação entre diferentes domínios semânticos; alta certeza ex: aplicações industriais (galvanoplastia; produção do Al ou Li; hidrogénio verde)</p> | <p>Ciência de contexto complexo relações entre conteúdos não previsíveis e diversas; coerência retrospectiva; práticas emergentes ex: alterações climáticas, mobilidade eléctrica...</p> |
| <p>Ciência de contexto simples relações entre conteúdos são previsíveis, causa/efeito; repetíveis; alta certeza; práticas formais; sem graus de liberdade ex: leis de Faraday/electrólise</p> | <p>Ciência de contexto caótico relações entre conteúdos indeterminadas; alta incerteza; efeitos imprevisíveis; desordem; novas práticas ex: descoberta de vacinas</p> |

Fonte: adaptado de Fensham (2014)

Em geral, a ciência de contexto Complicado corresponde a espaços de aplicação das teorias. Pode ser explorada numa visão CTS desde que seja feita uma devida problematização, por exemplo, caso actual das implicações ambientais da exploração do lítio em vários países. A ciência de contexto Complicado apareceu em força nos anos 80 do século passado e foi um passo em frente em relação à ciência de contexto Simples muito marcada pelo formalismo académico. Deu origem a vários projectos curriculares, por exemplo, SATIS (1984) ou

SALTERS/ Chemistry (1983) no Reino Unido. Temas como poluição do ar ou chuvas ácidas eram, na época, muito frequentes embora a problematização, a existir, fosse de sentido minimalista referindo possíveis impactos negativos e minimização de danos causados, mas não orientados no sentido preventivo. No caso da ciência de contexto Complexo, tipicamente incide sobre questões controversas sócio/ambientais em função do progresso da C&T e, assim sendo, seria a mais consistente com uma orientação CTS. As interações entre domínios semânticos diversos não são previsíveis, mas quando emergem são compreensíveis (coerência retrospectiva). A sua abordagem científica adequada (não retórica) pelos professores implica formações científicas diversificadas em vários domínios semânticos, o que não é fácil. Não por acaso, os textos didáticos de apoio são geralmente desenhados por equipas. No último caso, ciência de contexto Caótico, as relações são totalmente abertas e os seus efeitos imprevisíveis. É um espaço de investigação e inovação (no exemplo referido por certo a equipas na área da saúde). Numa aproximação minimalista, o exemplo da descoberta das vacinas só é acessível no ensino não superior em termos de sua caracterização genérica, enquadramento profilático, seu histórico, vantagens pessoais/sociais, efeitos previsíveis, combate à desinformação e como exemplo de uma situação entrópica (já não é pouco). Nesse caso, a situação pode ser resignificada para o quadrante acima (contexto Complexo).

A bibliografia oferece vários exemplos relevantes de propostas de ensino e formação no quadro de uma visão CTS. Refiram-se entre outras Perez (2012) onde se fundamentam apresentam várias questões sócio/científicas na formação docente após enquadramento teórico no campo CTS. Ou ainda Galieta (2022) organizadora de um e-book em que se apresentam detalhadamente 28 sequências didáticas na perspectiva de ensino CTS produzidas por grupos das turmas de 2018 e 2021 da licenciatura, pelas professoras e professores da educação básica de diversos estados brasileiros que frequentaram o curso de extensão e por um professor graduado pela FFPUERJ. De acordo com a organizadora, as sequências podem ser aplicadas e /ou adaptadas em aulas em aulas de Ciências, Biologia, Física e Química.

Os exemplos referidos nesses estudos cabem em grande parte na lógica dos contextos Complicados e Complexos (Quadro 4). Embora esses estudos não tenham a ambição de um completo programa curricular CTS, os temas curriculares específicos propostos merecem destaque como dispositivos de enriquecimento curricular e apoio aos professores. A experiência

na formação de professores aconselha a que, sem tais recursos didáticos, é muito mais difícil aos professores de ciências abordarem no seu ensino uma visão CTS.

Levar a ciência a públicos alargados

Em 2024 o prémio Pritzker (o mais importante galardão mundial da arquitetura, o “Nobel” da arquitectura) foi atribuído a Riken Yamamoto. De acordo com o júri do prestigiado galardão, as suas obras fortalecem o sentido de comunidade, melhoram e enriquecem a vida dos indivíduos e as suas conexões sociais. “Yamamoto desenvolve uma nova linguagem arquitetónica que não se limita a criar espaços para as famílias viverem, mas cria comunidades para as famílias viverem juntas”, disse Tom Pritzker, presidente da Fundação que patrocina o prémio (Jornal Expresso, 5 de Março de 2024). Dito de maneira mais simples, uma arquitectura para as pessoas; ou, ainda mais simples, para conhecer o vizinho do lado.

Também a ciência deve ir ter até onde estão as pessoas e a quem dela precisa. Do que se trata é de um novo contrato entre a ciência e a sociedade, uma ciência socialmente comprometida no quadro de um ideal emancipatório. Na visão C/T/S, uma sigla feliz (apesar da polissemia), o foco é o “/” e o “S”. Esse é um imperativo do empoderamento cidadão acima defendido (Quadro 2/CTS) e consistente com a visão Crítico-Humanista da ciência (Quadro 3) que é por onde tudo começou.

Na educação em ciências, a questão de levar a ciência (cultura científica, ver acima) até às pessoas é recorrente. Um quarto de século antes Federico Mayor afirmava que “A distância entre o que os cientistas sabem e o que o público entende é uma das maiores ameaças a uma política pública e científica lúcida. É necessário melhorar a difusão da ciência pelos meios de comunicação de massa” (Mayor, 1998, p. 132). Se há época em que tal difusão sobressaia é esta mesmo que atravessamos sujeitos a ameaças reais à vida democrática, um pouco por todo o mundo.

Que ameaças? Desinformação, pós-verdade (nas suas várias declinações), movimentos anti – ciência, negacionismo (vacinas, alterações climáticas, terraplanismo), teorias da conspiração... O cardápio é longo e o caminho minado. Para Luigi Pirandello (1867-1936; Nobel da literatura em 1934), o homem está sempre a negar aquilo que não entende (nem de propósito o dramaturgo foi um precursor do Teatro do Absurdo).

Como se justifica o que acreditamos?

Um reconhecido relatório internacional sobre o tema considera que, durante a recente pandemia, a comunicação pôs a nu e amplificou limitações na nossa independência intelectual. Ou seja, sermos capazes de avaliarmos criticamente evidências e argumentos científicos: “A democratic society depends upon access to true and reliable knowledge and on the ability to distinguish knowledge that is flawed, incomplete or that which aims to deceive from that which can be trusted” (Osborne et al, 2022, p.7). Como é que isso se faz? A defesa da cultura científica não é (só) um problema da escola, mas sim da sociedade o que obriga a que nos comportemos como comunidade face à magnitude das ameaças acima referidas que enfrentamos. Sem esse entendimento não vale a pena continuar. Revisitando Yamamoto, para começar, é preciso fortalecer o sentido de comunidade na defesa de propósitos comuns (levar a ciência até onde estão as pessoas e a quem dela precisa) num clima de confiança mútua e abandonando sectarismos estéreis: “Todos os empreendimentos colectivos exigem confiança. Dos jogos infantis às instituições sociais complexas os homens não podem trabalhar juntos a menos que suspendam a sua desconfiança mútua” (Judt, 2010, p.74).

Mac Intyre (apud Marçal, 2024, p.27) refere sugestões em como fazer um negacionista mudar de ideias através da dialetização do discurso, mas os resultados estão longe de serem satisfatórios: “Os negacionistas são muito insistentes. Não só argumentam como ouvem o outro lado até que encontrem um caminho para a conversão”. É preciso tomar medidas cruzando inteligentemente esforços em ambientes não formais e formais de ensino/formação no quadro de uma estratégia de médio/longo prazo. Desde meados do século XX, um pouco por todo o mundo, foram criados museus dinâmicos de ciência, canais temáticos da TV, clubes de ciência..., além de estudos que poderiam ser designados sob o rótulo de compreensão pública da ciência (ver trabalho de revisão em Ballesteros;Torres, 2022, incluindo seus cruzamentos com a alfabetização científica). São avanços importantes, por exemplo, no caso de museus Marandino (2008), que merecem ser aprofundados e alargados para chegarem até às pessoas. A rica experiência do programa Ciência Viva/Portugal (https://www.ciencia_viva.pt), recomenda que uma boa parte do êxito dessas iniciativas de divulgação científica através de Centros de Ciência Viva espalhados um pouco por todo o país, dependeu de envolver diferentes comunidades e parceiros num propósito comum: investigadores em ciências, investigadores em educação em ciências (e não só), comunidade de professores de diferentes níveis de ensino,

encarregados de educação, poder local (autarquias) no desenho, desenvolvimento e monitorização desses programas, em que cada um desses grupos tem funções e responsabilidades académicas/sociais diferenciadas. Sem essa visão sistémica não teria sido possível desenhar políticas públicas a preceito.

E em ambientes formais, por onde começar?

A resposta mais indicada é pela valorização do pensamento crítico (e não só do espírito crítico) no ensino e na formação. No combate à desinformação, devem ser esclarecidas desde logo duas premissas: que a dúvida em ciência (cepticismo crítico) não é o mesmo que duvidar da ciência; e que o erro é consubstancial ao conhecimento (visão Bachelardina). Alguns exemplos escolhidos a dedo da história da ciência podem ajudar a que tais premissas não sejam tidas como mera retórica. Não chega oferecer pós-graduações em Ensino e Divulgação das Ciências (e já não só em Ensino das Ciências, o mais frequente) ou Ciência e Sociedade (por exemplo, universidade de Groningen, Países Baixos). Sendo um esforço meritório é necessário que as estratégias de ensino valorizem de facto o pensamento crítico o que implica um outro olhar sobre a formação de professores e dos formadores de professores. Vieira R., Vieira, C. e Martins (2011), apresentam sugestões em como promover a discussão/argumentação pelos alunos/formandos (eventualmente em grupo) e esclarecem que a riqueza do exercício é centrado na riqueza do processo argumentativo (e não no resultado), em particular, identificar o que é que o autor de uma informação/texto pretende, qual o foco do que se apresenta, elaborar uma argumentação/contra-argumentação pelos alunos na construção dos seus juízos (baseados em evidências da informação proposta), se a informação é confiável ou colocar questões que ajudem a clarificar um argumento. Dar tempo para pensar é uma condição “sine qua non”.

Por esclarecer fica a questão de em que medida o problema da desinformação tem a ver com novas formas da comunicação digital. A questão é candente num tempo em que o Nobel da física, em Outubro de 2024, foi para a investigação sobre redes neuronais artificiais que alimentam as bases da inteligência artificial (IA). Sendo esta uma análise que ultrapassa os limites deste estudo, por precaução, vale a pena recordar Noan Chomsky a propósito da IA e seus impactos:

Esta IA é o ataque mais radical ao pensamento crítico. A única maneira de ajudar é educar as pessoas para a autodefesa. Podemos levar as pessoas a

compreender o que a IA é e o que não é. Não há maneira de a impedir. Não vai acabar nem desaparecer (Chomsky, 2023, p.4).

Uma versão 2.0 de D. Hélder Câmara quando, no final do século passado, afirmava que a melhor forma de ajudar as pessoas é provar-lhes que elas são capazes de pensar.

Se há algo que a IA trouxe de novo ao debate é a importância das ciências do Homem na abordagem da tecnociência. É que nos diz Irene Vallejo: “A IA liga-se a um debate muito antigo sobre os limites da verdade, da percepção do que é humano. Estamos todos a debater o que eram questões dos filósofos” (Vallejo, 2023, p. 3). Palavras certas.

Notas Finais

Aqui chegados por certo muito ficou por completar em relação à questão de partida: Como é que podemos consolidar, dar coerência e aprofundar propósitos comuns no âmbito da Educação em Ciências? Alguns dos desenvolvimentos apresentados, além de lugares de memória identitária que nos afirmam como comunidade, podem servir num plano mais instrumental de dispositivos de apoio à reflexão crítica, sobretudo na formação de professores (em particular Quadros 2 e 3), valorizando uma visão diacrónica nem sempre presente da educação em ciências.

Por completar ficam problemáticas como as relações dialógicas entre arte e ciência no ensino, reconhecidamente um objecto de fronteira da educação em ciências, e que já tiveram expressão própria noutros contributos (ver acima). Mas não só sobre a expansão do corpus. Também sobre o modo como trabalhamos. Por exemplo, como é que sabemos o que mudou com os resultados que obtivemos? Sabemos pouco sobre a flexibilidade das nossas práticas permitindo conhecer evidências se uma iniciativa de formação alcançou as transformações sociais/profissionais que estabeleceu como objetivos, o quanto ele mudou a vida das pessoas envolvidas. Falta estabelecer objetivos estratégicos de mudança social e não só internos a um projecto geralmente com uma escala temporal reduzida. A formação de professores é um caso exemplar deste argumento e que deve estar no centro das nossas preocupações. Avaliamos os resultados imediatos de um programa/projecto de formação CTS através de uma parafernália de instrumentos, mas raramente sabemos o que mudou a médio prazo, por exemplo 3 a 5 anos depois do projecto de formação ter terminado. Mais importante ainda, que contágios

epistêmicos houve nas escolas (objectivos de transformação social). Faltam estudos de follow up. É uma enorme janela de investigação que se abre.

Sem prejuízo de contributos pontuais que são de saudar, não conheço rupturas epistemológicas recentes nas dinâmicas da educação em ciências que nos ajudem a repensar o todo e como o transpor para um quadro de referências que dê sentido, unidade e coerência aos diversos esforços feitos/em curso. Tal situação não nos deve perturbar. De modo singelo, o que falta é menos novidades sobre o discurso da educação em ciências do que transpor para políticas públicas efectivas o que já sabemos através da investigação e experiência. Parafraseando Gilles Deleuze, estamos sempre no meio do caminho, estamos sempre no meio de qualquer coisa.

Referências

- ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Improving Science Teachers' Conceptions of Nature of Science: A Critical Review of the Literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), p. 665-701, 2000. DOI: [10.1080/09500690050044044](https://doi.org/10.1080/09500690050044044)
- BALLESTEROS- BALLESTEROS, V.; GALEGO TORRES, A. De la alfabetización científica a la comprensión pública de la ciencia. *Trilogia Ciência, Tecnologia Sociedad*, v. 14, n. 26, e1855, 2022. Disponível em <https://doi.org/10.22430/2147778.1855>. Acesso em: 20 set. 2022
- BECK, U. *La Société du risque: sur la voie d'une autre modernité*. Flammarion: Paris, 2008.
- CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; GIL-PEREZ, D.; CARRASCOSA, J.; MARTINEZ-TERRADES, I. A emergência da Didáctica das Ciências como campo específico do conhecimento. *Revista Portuguesa de Educação*, v. 14, n. 1, p. 155-195, 2001.
- CACHAPUZ, A. Arte e Ciência no ensino interdisciplinar das ciências. *Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática (RevIn)*, v. 1, e 020009, p. 1-19, 2020.
- CACHAPUZ, A. Educação em ciências: contributos para a mudança. *Vitruviu Cogitationes*, v. 3, n. 2, p. 64-80, 2022.
- CHOMSKY, N. Entrevista concedida a Ivo Neto e Karla Pequeno. *Ipsilon*, Lisboa, 15 de Dezembro, p. 2-5, 2023.
- COMISSÃO EUROPEIA. *Ensinar e Aprender para a Sociedade Cognitiva*. Bruxelas: Comissão Europeia, 1995.
- FENSHAM, P. *Defining an Identity. The evolution of science education as a field of research*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004.
- FENSHAM, P. Curriculum Movements in Science Education. In: GUNSTONE, R. (eds) *Encyclopedia of Science Education*. Dordrecht: Springer, 2014. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6165-0_151-2
- FERRAROTTI, F. A revolução industrial e os novos trunfos da ciência. In: MAYOR, F.; FORTI, A. (orgs.), *Ciência e Poder*. Campinas, SP: Papirus, 1998.
- FLICK, U. *Introdução à pesquisa qualitativa*. Porto Alegre: Artmed, 2009.



FREITAS, L.; GHEDIN, E. Pesquisas sobre Estado da Arte em CTS: Análise Comparativa com a Produção em Periódicos Nacionais. Alexandria, Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v. 8, n. 3, p. 3-25, novembro 2015. http://dx.doi.org/10.5007/1982-5153.2015v8n3p3_3

GALIETA, T. (org.) **Sequências didáticas para educação CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**. Ananindeua/ PA, Itacaiúnas, 2022.

GARCIA, C. **Formação de professores. Para uma mudança educativa**. Porto: Porto Editora, 1999.

GONÇALVES, R.; ASSIS, A.; LUCAS, P.; MENEZES, P.; CHRISPINO, A. Práticas educativas da educação básica brasileira orientadas pela abordagem CTS: uma revisão de estudos na área de ensino das ciências. Alexandria, Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v. 17, p. 1-26, 2024. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2024.e92926>

HAN, Byung – Chuhan. **A sociedade do cansaço**. Lisboa: Relógio d'Água, 2010.

JACOB, F. **O jogo dos possíveis**. Lisboa: Gradiva, 1985.

JUDT, T. **Um tratado sobre os nossos actuais descontentamentos**. Lisboa: edições 70, 2010.

KOSLOWSKY, A. É o conceito de Tecnociência confuso? *Philosophos*, Goiânia, v. 20, n. 1, p.11-36, 2015. DOI [10.5216/PHIv20n1.36115](https://doi.org/10.5216/PHIv20n1.36115)

KURTZ, C.; SNOWDEN, D. [The new dynamics of strategy: Sense-making in a complex and complicated world](https://doi.org/10.1147/sj.423.0462). *Systems Journal*, 42 (3), p. 462–483, 2003. doi:10.1147/sj.423.0462

[LEDERMAN](https://doi.org/10.4324/9780367855758), G.; [ZEIDLER](https://doi.org/10.4324/9780367855758), D.; [LEDERMAN](https://doi.org/10.4324/9780367855758), J. **Handbook III of Research on Science Education**. New York: Routledge, 1st edition, 2023. 1246p. DOI <https://doi.org/10.4324/9780367855758>

LOSA, V. **A civilização do Espectáculo**. Lisboa: Quetzal, 2012.

LUDKE, H.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. SP: EPU, 1986.

MARANDINO, M. (org.). **Educação em museus: a mediação em foco**. São Paulo: Geenf, 2008.

MARÇAL, D. A inteligência artificial que ature os negacionistas. *Público*, 4/10/2024, p. 27, 2024.

MAYOR, F. Ciência e Poder: hoje e amanhã. In: MAYOR, F.; FORTI, A. (orgs.), **Ciência e Poder**. Campinas, SP: Papirus, 1998.

OSBORNE, J.; HENNESSY, S. **Literature Review in Science Education and the role of ICT: Promise, Problems and Future Directions**. Bristol: FutureLab, 2003.

PERALES, J.; AGUILERA, D. Ciencia-Tecnologia-Sociedad vs STEM: evolución, revolución ou disyunción? **Ápic. Revista de Educación Científica**, La Coruna, v. 4, n. 1, p. 1-15, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.1.5826>. Acesso em: 20.09.2024

PEREZ, M. L. **Questões sociocientíficas na prática docente: ideologia, autonomia e formação de professores**. SP: editora UNESP, 2012.

PRAIA, J.; GIL PEREZ, D.; VILCHES, A. Papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciência e Educação*, v 13, n. 2, p.141-156, 2007.

ROSAS, F. Só a História pode salvar o futuro. *Público*, 28 de Abril, 2016. <https://www.publico.pt>, Acesso em: 10.07.2024



ROSAS, L. A. O “estado da arte” em Ciência Tecnologia e Sociedade: levantamento e perspectivas. *Brazilian Journal of Development*, v 7, n. 12, p. 113819-113847, 2021.

SOUZA, R.; CABRAL, P.; LINHARES, S. Mapeamento da pesquisa no campo da experimentação do Ensino de Química no Brasil. Alexandria, *Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 12, n. 2, p. 93-119, 2019. <https://dx.doi.org/10.5007/1982-5153.2019.v12n2p93>

STRIEDER, R. B. **Abordagens CTS na Educação Científica no Brasil: Sentidos e Perspectivas**. Tese de doutorado, Universidade de S. Paulo (USP/IF/SBI - 016/2012), Brasil, 2012. <https://doi.org/10.11606/T.81.2012.tde-13062012-112417>

UNESCO. **Ciência para o século XXI: um novo compromisso**. Lisboa: Comissão Nacional da UNESCO, 1999.

VALLEJO, I. Entrevista concedida a Pedro Rios. *Ipsilon*, Lisboa, 15 de Dezembro, p. 2-3, 2023.

VIEIRA, R.; VIEIRA, C.; MARTINS, I. Critical thinking: conceptual clarification and its importance in science education. *Science Education International*, v. 22, n.1, p. 43-54, 2011.