



Vitruvian Cogitationes - RVC

EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS: CONTRIBUTOS PARA A MUDANÇA

Educación en ciencias: contribuciones para el cambio

Science Education: contributions to the change

António Cachapuz

Universidade de Aveiro/CIDTFF, cachapuz@ua.pt

Resumo: Apresenta-se uma reflexão crítica sobre três problemáticas pertinentes da educação em ciências - orientação do ensino, reconceptualização curricular e pesquisa/ inovação – visando estimular o seu debate e sugerir caminhos possíveis para a sua melhoria no quadro de uma educação em ciências para a cidadania. O estudo está ancorado em princípios epistémicos da Complexidade de Morin, em particular, a multidimensionalidade, multirreferencialidade e incompletude do conhecimento. Dirige-se sobretudo aos professores de ciências (ensino não superior) e formadores de professores de ciências tendo em vista o seu desenvolvimento profissional. O estudo adota uma abordagem da pesquisa qualitativa de natureza interpretativa de dados oriundos de fontes diversas. Na discussão sobre estratégias para a mudança, o estudo debruça-se sobre o debate em curso sobre as orientações STEM/CTS (orientação do ensino), sobre alternativas à arquitetura curricular (currículo) e sobre a reorientação do papel da pesquisa como inovação, estratégias a levar a cabo de forma articulada.

Palavras-chave: Educação em ciências. Problemáticas. Reflexão crítica. Mudança.

Resumen: Se presenta una reflexión crítica sobre tres problemas relevantes de la educación en ciencias -orientación de la enseñanza, reconceptualización curricular y investigación/innovación- con vistas a estimular su debate y posibles mejoras en el marco de una educación en ciencias para la ciudadanía. El estudio está anclado en los principios epistémicos de la Complejidad de Morin, en particular la multidimensionalidad, la multirreferencialidad y la incompletitud del conocimiento. Está dirigido a profesores de ciencias (educación no superior) y formadores de profesores de ciencias con vistas a su desarrollo profesional. El estudio adopta un enfoque de investigación cualitativa de naturaleza interpretativa de datos de diferentes fuentes. En la discusión sobre estrategias para el cambio, el estudio se centra en el debate en curso sobre STEM/CTS (orientación de la enseñanza), alternativas a la arquitectura curricular (currículo) y reorientación del papel de la investigación como innovación, estrategias que deben llevarse a cabo de manera articulada.

Palabras - clave: Educación en ciencias. Problemas. Reflexión crítica. Cambio.

Abstract: *A critical reflection is presented on three relevant science education issues - teaching orientation, curricular reconceptualization and research/innovation - in order to stimulate their debate and suggest possible ways for their improvement in the framework of a science education for citizenship. The study is anchored in epistemic principles of Morin's Complexity, in particular the multidimensionality, multireferentiality and incompleteness of knowledge. It is mainly aimed at science teachers (non-higher education) and trainers of science teachers with a view to their professional development. A qualitative research approach of an interpretative nature of data from different sources is followed. The discussion on strategies for change focuses on the ongoing debate on STEM/CTS issues (teaching orientation), alternatives to curriculum architecture (curriculum) and the reorientation of the role of research as innovation, strategies to be carried out in a articulated way.*

Keywords: *Science education. Issues. Critical reflection. Change.*

1 INTRODUÇÃO

Na esteira do legado Socrático, uma das responsabilidades éticas dos profissionais é questionarem-se de quando em quando sobre o seu campo de intervenção tendo em vista a sua melhoria e desenvolvimento. Mais perto de nós George Steiner considera que “a vida não refletida não é digna de ser vivida” (STEINER, 2007, p. 55). No fundo, o que eles nos dizem é que tal questionamento faz parte do encontro com nós mesmos.

É esse legado filosófico que animou o autor destas linhas. A sua finalidade é trazer uma reflexão crítica sobre problemáticas pertinentes da educação em ciências, estimular o debate sobre as mesmas e sugerir caminhos possíveis para a sua melhoria. Tal como a democracia, a sua finalidade não é resolver problemas, mas tão só identificá-los, deles apresentar uma representação coerente e colocá-los à discussão e partilha dos interessados tendo em vista apoiar decisão futura.

O estudo dirige-se sobretudo aos professores de ciências (ensino não superior) e formadores de professores de ciências tendo em vista o seu desenvolvimento profissional. E por boas razões. O desenvolvimento profissional dos professores oferece várias oportunidades para melhorar capacidades de decisão, transformação de suas práticas de ensino e, em última análise, dos resultados da aprendizagem (SMITH; LINDSAY, 2016). De acordo com Matilla e Silander (2015) em extenso relatório sobre como criar a escola do futuro, sem professores qualificados, capazes de assumirem a mudança, não há mudança (o resto do tripé vai para a liderança e autonomia das escolas). Tais qualificações vão bem mais além dos saberes disciplinares e vários autores defendem a necessidade de formação de largo espectro como parte do seu desenvolvimento profissional. Por exemplo, Fischer (2022) em artigo de revisão na área da Formação de Professores para o Desenvolvimento Sustentável aponta para a formação em temas de fronteira como sejam ameaças de ordem sócio - ambiental (por exemplo, mudanças climáticas). Em boa verdade, o argumento da necessidade de adequada qualificação profissional dos professores (de ciências e não só) como condição da mudança não é novo e são frequentes revisões da literatura sobre o tema. Qureshi e Demir (2019) apresentam uma revisão da literatura sobre o desenvolvimento profissional dos professores e consideram que, entre outras, uma das maneiras possíveis de criar oportunidades de tomar decisões informadas com vista à melhoria do seu ensino é valorizar a pesquisa sobre os saberes profissionais dos professores e de constrangimentos relativos à sua consecução, no caso vertente no âmbito da educação em ciências.

Apesar da educação em ciências ser uma área emergente do conhecimento e, por isso mesmo, não faltarem problemas por resolver, o balanço de contributos que gerações de

investigadores e professores nos deixaram é, em termos globais, um projeto de sucesso. Vale a pena recordá-los. Uma súplica possível desses contributos (por certo com assimetrias em diversos países) não andarão muito longe do que se segue:

- Gerações de jovens dispostos de conhecimentos e competências que lhes exercer melhor a sua cidadania um pouco por todo o mundo
- Cursos sustentáveis de formação, graduação e pós-graduação
- Museus dinâmicos de ciências, laboratórios, feiras de ciências...em apoio ao ensino e divulgação das ciências
- Uso da parafernália tecnológica nos sistemas de ensino (por exemplo, e-learning, b-learning, ambientes de ensino nas escolas) ainda que nem sempre seja claro ou adequado a sua integração nos processos de ensino/aprendizagem (por exemplo, m-learning).
- Diversidade de recursos didáticos disponíveis
- Abordagens metodológicas de ensino e de avaliação diversificadas
- Linhas de pesquisa estabelecidas, sobretudo para o ensino médio e ambientes formais de ensino
- Associações de professores e de pesquisadores
- Novos jornais/revistas incluindo de circulação internacional
- Redes nacionais e internacionais de formação e de pesquisa
- Agências nacionais e internacionais de apoio à pesquisa (CACHAPUZ, 2012, p. 131).

Não é pouca coisa.

O leitor avisado facilmente concluirá que nessa súplica só há referências generalistas a dois tipos de importantes problemáticas que, no essencial, se poderiam resumir ao **para quê e para quem** da educação em ciências. Na essência sobre as suas finalidades. A sua falta de especificação não é porque não tenham sido estudadas, mas porque são particularmente sujeitas a idiosincrasias de diversos autores e/ou sistemas de ensino. Por isso mesmo, tem sentido esclarecer no que se segue, ainda que de modo sumário, qual o significado que aqui se defende sobre o assunto.

1.1 EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E CIDADANIA

Não é razoável refletir sobre finalidades da educação em ciências sem esclarecer, ainda que sucintamente, qual o sentido da ciência que a subjaz. Os três pilares clássicos em que assentou a construção da ciência positivista, aquela que historicamente se construiu em rutura com o senso comum, já não chegam: o laboratório (lato senso) como espaço operativo privilegiado de produção do conhecimento, a linguagem como instrumento de simbolização e de comunicação desse conhecimento e ainda a comunidade científica como instrumento de legitimação do mesmo. E não foi fácil essa rutura já que, no dizer de Heraclito de Éfeso, a natureza gosta de se ocultar. A questão não é o que está a mais, mas sim o que está a menos. O que está a menos é reconhecer a historicidade da epistemologia e a relatividade do objeto científico, que não é mais absoluto. Dito de outro modo, reconhecer o papel do sujeito e as interferências ciência/sociedade. É uma deslocalização epistémica.

A UNESCO (1999) na sua “Conferência Mundial sobre Ciência para o século XXI”, já alertava para o papel estratégico do conhecimento científico e do peso cada vez maior do conhecimento científico nas decisões públicas e privadas. A recente pandemia sanitária veio, pelas más razões, corroborar o argumento. Também ajudou a testar os seus limites. Mais recentemente, a mesma organização (UNESCO, 2017) no “Fórum Mundial da Ciência” reiterou o papel da Ciência para a Paz como potenciadora do desenvolvimento sustentável, paz e entendimento global (como que uma premonição de atuais preocupações do mundo...).

Com base no reconhecimento desse papel estratégico, não faltam vozes sobre a necessidade de uma reorientação do papel da ciência, de sentido pós-positivista, uma ciência de rosto humano exigindo uma maior responsabilidade humana pela escolha e pela decisão. Não faltam problemas e/ou dilemas ambientais, bioéticos, de desenvolvimento sustentável...com que somos confrontados todos os dias e é frequente autores debruçarem-se sobre temáticas pertinentes de estudo (OZDEN, 2020). 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 epistêmica 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.

A UNESCO (1999) deu uma ajuda ao sistematizar vários considerandos de que se apresenta a seguir uma síntese pertinente para o presente estudo, a saber: A necessidade cada vez maior de conhecimento científico nas decisões públicas e privadas; o imperativo da ciência se tornar um bem partilhado no século XXI; o estado atual das ciências naturais e a direção que estão a tomar, o impacto social que têm tido e o que a sociedade espera delas; o acesso ao conhecimento científico para fins pacíficos, desde cedo, como parte do direito à educação; a evidência de que o futuro da humanidade se vai tornar mais dependente da produção, distribuição e uso equitativo do conhecimento como jamais foi; o atual processo de globalização e o papel estratégico que nele tem o conhecimento científico e tecnológico; o respeito que a investigação científica e o uso do conhecimento científico devem ter pelos direitos humanos e a dignidade dos seres humanos; os riscos que algumas aplicações da ciência podem trazer aos indivíduos e à sociedade, ao ambiente e à saúde humana; os contributos da ciência à causa da paz e do desenvolvimento à segurança mundial; a necessidade de praticar e aplicar as ciências de acordo com requisitos éticos apropriados (UNESCO, 1999). Tanto quanto é do meu conhecimento tais princípios (alguns deles bem atuais) têm sido pouco discutidos pelo grande público. Perde-se assim uma boa oportunidade de, através dessa discussão, se estabeleceram críticas/consensos possíveis de modo a promover a cidadania.

Que transposição é possível desses contributos para a educação em ciências?

A educação em ciências deve promover o crescimento pessoal de cada pessoa permitindo-lhe uma leitura do mundo que vá mais além do senso comum e participar no desenvolvimento de sociedades que se pretendem livres, sustentáveis e democráticas. A temática tem sido abordada por vários autores sobretudo através de duas abordagens, designadas por Compreensão Pública da Ciência e Alfabetização Científica e de que trabalhos de revisão recentes analisam o histórico e pontos de encontro/desencontro (BALLESTEROS-BALESTEROS; GALEGO TORRES, 2022). Em linha com a essência dessas abordagens, defende-se aqui que as sociedades democráticas necessitam da participação esclarecida dos seus cidadãos, o que implica desenvolver o seu espírito crítico, qualidade necessária para poder identificar diferenças que sustentem as suas escolhas de cidadania precisamente uma das qualidades que está no cerne da construção da ciência. A escola não chega. Torna-se cada vez mais necessário oferecer oportunidades não só de experiências em contextos formais de ensino formais, mas também informais (MORA, 2022). É através dessas ofertas diversificadas e contextualizadas que jovens (e menos jovens) podem adquirir uma adequada cultura científica, aqui entendida como a qualidade que dá sentido e orientação ao conhecimento científico, questionando - o se necessário, e que não deve confundir-se com ele. Tal entendimento de cultura científica vai mais além da necessária compreensão razoável dos conceitos científicos do dinamismo da construção do conhecimento científico e suas possíveis aplicações (uma abordagem tradicional). Falta criar possibilidades para uma outra leitura do

mundo, sua problematização, na sua diversidade, complexidade, historicidade e mudança de modo às pessoas estarem capacitadas a compreender e participar no debate sobre decisões relevantes sobre a natureza de decisões tecnocientíficas que as possam vir a afetar (epistemologia social). “Não podemos saber tudo sobre todos os assuntos, mas dizer que o mundo era um lugar melhor para viver quando a ignorância estava espalhada pelo mundo inteiro, é perverso” (MAYOR; FORTI, 1998, p. 130). Para a grande maioria das pessoas, falta compreender o modo de pensar do saber construído (não o conteúdo, esse só para os iniciados) ou seja, o processo através do qual o conhecimento científico/tecnológico é gerado, não só as suas aplicações, mas também as suas implicações. Nem todos os sistemas de educação/ensino advogam ou vão tão longe nesta argumentação, claramente afastada da visão académica tradicional da educação em ciências. Por isso mesmo o **para quê** e o **para quem** desses sistemas são diversos.

A educação em ciências para a cidadania implica uma educação para todos os que não desejam prosseguir com estudos de ciência/tecnologia. Mas implica mais do que conhecimentos e competências tradicionalmente apresentadas nos currículos de ciências. Implica também atitudes, valores (ver acima) e novas competências (abertura à mudança, ética de responsabilidades, aprender a aprender...) capazes de ajudar a formular um ponto de vista pessoal sobre problemáticas de índole científico/tecnológica, juízos mais informados sobre o mérito de determinadas situações com implicações individuais/sociais, participação democrática na tomada de decisões ou de como a ciência/tecnologia é usada. Para os estudantes mais entusiastas por estudos futuros em ciência/tecnologia, a organização curricular deve ser feita de modo flexível (pelo menos nos níveis mais avançados do ensino) por exemplo, através de oportunidades de formações mais aprofundadas e/ou optativas à formação generalista (ver a seguir). A educação em ciências para a cidadania obriga, pois, inventar alternativas aos desenhos curriculares tradicionais (multidisciplinares e fechados) da ciência escolar já que a sua intencionalidade formativa é diferente. Fazer diferente, obriga também a um outro olhar sobre o papel da pesquisa que procure intervir na realidade no sentido da mudança e vá mais além da pesquisa académica. O ensino das ciências é uma atividade complexa e os professores não são transmissores passivos do conhecimento. Longe disso. Há que valorizar os saberes profissionais dos professores, envolvê-los de forma ativa sobretudo na pesquisa sobre o seu próprio ensino com vista à sua inovação. A racionalidade técnica intrínseca aos modelos de pesquisa/formação/disseminação do conhecimento já teve melhores dias. No relatório da reconhecida *British Educational Research Association*:

Existem fortes evidências de que professores e formadores de professores necessitam de levar a cabo pesquisa, no sentido de se atualizarem com desenvolvimentos recentes na sua formação académica e no uso de métodos de ensino que sustentem o seu conhecimento pedagógico de conteúdo; tal significa ter a capacidade, motivação e oportunidade de usar competências para pesquisar o que está ou não está a correr bem nas suas práticas (BERA, 2014, p. 8, tradução do autor).

1.2 FINALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

A finalidade do estudo é trazer contributos sobre problemáticas pertinentes da educação em ciências, estimular a reflexão crítica e o debate sobre as mesmas e apontar sugestões de caminhos possíveis para a sua melhoria. Como acima referido os principais interlocutores são os professores e os formadores de professores no seu desenvolvimento profissional. A lógica da escolha dessas problemáticas recaiu sobre três dimensões estratégicas do ensino da ciência escolar devido ao seu reconhecido elevado potencial de

mudança, a saber: orientações do ensino, reconceptualização da organização curricular e pesquisa/ inovação, os objetos de estudo. Outras haveria que não cabem nos limites deste estudo (em particular sobre a formação inicial dos professores de ciências). Para cada uma dessas três dimensões apresentam-se contributos cujo potencial de mudança será tanto maior quanto se articularem num todo coerente.

Algumas das reflexões feitas pelo autor em anteriores exercícios homólogos perderam atualidade, outras ainda guardam a sua pertinência, em qual caso são aqui recuperadas com o devido aprofundamento. Uma das reflexões de ordem epistémica que aqui guarda a sua atualidade e pertinência é a da educação em ciências como uma área emergente do conhecimento cujo referencial sistémico organizacional – a metáfora do arquipélago - que aí se elaborou (CACHAPUZ, 2012, p. 120) está ancorado em princípios epistémicos da Complexidade de Morin (1991), em particular, a multidimensionalidade, multirreferencialidade e incompletude do conhecimento. Também aqui se recupera tal referencial sistémico organizacional como guarda-chuva epistémico deste estudo.

Em termos metodológicos, 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, seu escrutínio e seleção em função da finalidade e objetos de estudo. Como fontes privilegiadas foi usada documentação institucional da UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura), OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico) e bibliografia pertinente para a finalidade e objetos do estudo.

2 CONTRIBUTOS PARA A MUDANÇA

Os contributos que a seguir se desenvolvem em apoio à reflexão crítica dos professores de ciências e seus formadores sobre três dimensões estratégicas do ensino da ciência escolar ganham todo o seu sentido se o seu cruzamento seja sinérgico e forme um todo coerente, a saber: orientações do ensino, reconceptualização da organização curricular e pesquisa/ inovação.

2.1 ORIENTAÇÕES DO ENSINO

A escolha deste tema visa contribuir para o debate em curso sobre duas importantes orientações do ensino das ciências, vulgarmente conhecidas por orientação STEM (usa-se o acrónimo saxónico *Science/Technology/Engineering/Mathematics* para Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática dado ser o mais divulgado e mais fácil reconhecimento do que CTEM) e orientação CTS (Ciência, Tecnologia Sociedade). O pressuposto é de que um melhor esclarecimento dos professores e formadores de professores sobre o debate em curso os possa ajudar a reflexões/decisões mais informadas.

O debate sobre o sentido de estas duas orientações do ensino das ciências segue bem vivo na comunidade de ensino das ciências e investigadores. Para não referir se não um exemplo, um tal debate mereceu as honras de uma mesa redonda no recente 5º Seminário Internacional de Educação em Ciências, 16/17 de Setembro de 2022, Castelo Branco, Portugal.

Historicamente, a orientação CTS (nas suas diversas tendências) é anterior à orientação STEM (nas suas diversas tendências) e, apesar de críticas de vária ordem (algumas das quais pertinentes), tem seu espaço educacional consolidado na educação em ciências e abundantemente estudado (ver por exemplo, SANTOS; AULER, 2011). Tenham-se em conta as várias linhas de investigação em curso, produção científica, eventos internacionais sobre o

tema, currículos de ensino e de formação, jornais/revistas, por exemplo, Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia (já com 15 volumes publicados), em suma, uma comunidade científica dinâmica, respeitada e atuante.

Trata-se de uma mudança considerável em relação ao ensino tradicional das ciências (que o autor destas linhas frequentou) mudança sintetizada no Quadro 1 por Perales; Aguilera (2020, p. 5):

Quadro 1 - Orientações do ensino das ciências: tradicional e CTS

<i>Orientaciones tradicionales</i>	<i>Orientaciones CTS</i>
<i>Los profesores y los libros de texto son las principales fuentes de conocimiento</i>	<i>Los estudiantes buscan activamente la información que usan</i>
<i>La Ciencia es abstracta y no tiene relación con la Tecnología</i>	<i>Los estudiantes ven la Ciencia como una forma de tratar los problemas de la vida diaria</i>
<i>Los estudiantes se concentran sobre problemas que son identificados por el profesor o los libros de texto</i>	<i>Los estudiantes identifican problemas sobre ellos mismos o su comunidad y se responsabilizan de resolverlos utilizando la Ciencia</i>
<i>Se da una consideración mínima a la capacidad adaptativa humana</i>	<i>Se enfatizan la adaptación humana y las futuras alternativas</i>
<i>No se interpretan los valores en los problemas de la disciplina</i>	<i>Se consideran las cuestiones relacionadas con las dimensiones en valores, éticas y morales de los problemas</i>
<i>El currículo está centrado en los libros de texto, es inflexible; solo se considera el conocimiento científico válido (y desde una visión limitada del contenido)</i>	<i>El currículo está centrado en los problemas, es flexible y válido tanto cultural como científicamente</i>
<i>La información está enmarcada en el contexto de la lógica y estructura de la disciplina</i>	<i>La información se enmarca en el contexto del estudiante como una persona en un entorno social/cultural</i>

Fonte: Perales e Aguilera (2020).

Os referenciais sintetizados no capítulo anterior sobre a ciência/educação em ciências/cidadania estão em linha com a orientação CTS pelo que não são elaborações sobre o tema CTS que constituem o foco do que se segue. Menos conhecidos são reflexões críticas sobre a orientação STEM. No essencial, é esse o foco deste capítulo devido à sua ambiguidade e limitações atuais como possível orientação para o ensino das ciências. Tais reflexões estão em linha com os contributos recentes de vários autores sobre esta problemática (TAKEICHI; SHANAHAN; HACHEM, 2020) ou ainda (TOMA; GARCIA-CARMONA, 2021).

Historicamente, o movimento STEM surgiu nos Estados Unidos na década de 1990 tendo em vista melhorar a competitividade do país e seu desenvolvimento científico-tecnológico frente a potências mundiais emergentes como a China (GARCIA-CARMONA, 2020). Até certo ponto pode-se estabelecer uma analogia com o impulso dado nos Estados Unidos nos anos 60 do século passado no seu desenvolvimento científico-tecnológico, neste caso em relação à competitividade com a ex-União Soviética (*the arms race*) com a exigência da formação acelerada de cientistas e técnicos. Bonito e Oliveira (2022) com base num estudo da OCDE (2021) referem que entre 2016 e 2019, a percentagem de alunos dos Estados Unidos que à saída do ensino secundário optavam por estudos de engenharia é de cerca de

7,19% colocando o país em 42º lugar numa lista de 44 países (a média em países da OCDE é de 14,25%, na Alemanha que lidera é de 24,23%, em Portugal é de 19,64% e no Brasil é de 12,83%). Ou seja, trata-se de um movimento político-económico de recorte neoliberal de acordo com a revisão crítica de (TAKEICHI; SHANAHAN; HACHEM, 2020). Em Portugal, Bonito e Oliveira (2022) apresentam uma análise crítica do movimento no caso português.

Se o movimento STEM se restringisse ao campo da ciência/tecnologia e ao seu desenvolvimento a sua análise não caberia neste estudo. O problema nasce quando o designado movimento STEM (e suas variantes, em particular STEMA incluindo o campo das artes (A), aqui no seu conceito abrangente do Arts saxónico) se expande hoje em dia (ver revisão da literatura em MARTÍN-PÁEZ; AGUILERA; PERALES-PALACIOS; VÍLCHEZ-GONZÁLEZ, 2019) como orientação da educação em ciências com vista à integração das diferentes disciplinas que compõem o acrónimo. Perales e Aguilera (2020, p.7) resumem as principais características do movimento STEM:

- a) se presenta como un enfoque de enseñanza que integra Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas;*
- b) orientado a la resolución de problemas preferentemente reales a fin de desarrollar una alfabetización STEM; como consecuencia de lo anterior*
- (c) persigue la promoción de una identidad STEM entre la ciudadanía que le permita comprender la repercusión social de las Ciencias, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas, así como participar de forma activa y crítica en la toma de decisiones; y*
- (d) sus objetivos de aprendizaje interpelan al reconocimiento de los vínculos existentes entre las disciplinas STEM y su aplicación en la resolución de problemas reales, conocimientos y habilidades imprescindibles para cumplir lo descrito en los apartados (b) y (c).*

Como orientação da educação em ciências com vista à integração das diferentes disciplinas que compõem o acrónimo as críticas são muitas, desde logo porque não se descortina qual a sua originalidade (em particular competências científico-tecnológicas no que respeita à cidadania já cobertas pela orientação CTS) e validação didática dos resultados além dos que já se conhecem nos estudos de educação em ciências. O mesmo se passa com as metodologias de trabalho que privilegia (em particular o *Problem Based Learning* e o *Project Based Learning*). Nada de novo.

Para Garcia-Carmona (2020, p.42) o que preocupa na orientação STEM não é somente que:

- que no haya sido conceptualizado adecuadamente para hacerlo factible y operativo en las aulas, sin caer en meras "caricaturas" de lo que sería un enfoque STEAM integrado*
- que una parte importante de propuestas educativas enmarcadas bajo el prisma de STEAM sean, en realidad, aquellas que hasta hace relativamente poco eran propuestas de enseñanza de la ciencia;*
- que el enfoque STEAM integrado no haya superado aún unas pruebas mínimas de validez educativa exportables a contextos diversos; y*
- que no exista un marco bien fundamentado y específico de "conocimiento didáctico del contenido" para la educación STEAM, ni sobre la naturaleza epistemológica de esse conglomerado de materias con vistas a diseñar: (1) programas de formación de profesorado y (2) propuestas de enseñanza realistas para su implementación en las aulas.*

E o mesmo autor acrescenta problemas relativos ao conhecimento do conteúdo e conhecimento didático sobre os diferentes domínios do acrónimo, lembrando que “*los y las*

didactas tenemos una formación académica de origen muy dispar y específica en una disciplina concreta (biología, física, química, geología, matemáticas, ingeniería, ciencias ambientales, etc.)” (GARCIA-CARMONA, 2020, p. 43) e que com frequência se considera uma concepção ingênua da tecnologia em educação para “hacer referencia exclusiva al uso de herramientas TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje. Y esta misma perspectiva de la tecnología es la que suele acunarse en las propuestas de STEAM” (p. 38). Ante a questão de se a orientação STEM constitui uma evolução (no sentido de Toulmin) revolução (no sentido de Kuhn) ou disjunção, Perales e Aguilera (2020, p.11) consideram que estamos frente a uma evolução, mas com escassos contributos originais, em resumo:

- 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 vinculos 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.*

Estes mesmos autores acrescentam que a evolução CTS para STEM tem implicações a nível das transposições didáticas, por exemplo:

El currículo basado en la educación STEM se centra en generar una identidad STEM en el alumnado, frente aquel de orientación CTS que atendía a las cuestiones sociales de índole científico-tecnológica, junto con el aprendizaje de la Ciencia (en menor medida el de la Tecnología). El proceso de enseñanza-aprendizaje (E-A), en el caso de la educación CTS, guiaba al alumnado hacia la adquisición de valores a fin de juzgar problemas sociales en los que la Ciencia y la Tecnología estaban presentes. En cambio, la educación STEM genera un proceso de E-A dirigido a la transferencia del conocimiento científico, tecnológico, ingeniero y matemático. (PERALES; AGUILERA, 2020, p.12).

Do exposto, resulta que uma boa parte do que se defende na orientação STEM já se faz no ensino e na formação no âmbito da educação em ciências sem necessitar desse libelo. É caso para alguns autores se questionarem se “Llamarlo STEM cambia la acción pedagógica del profesorado relativa a las disciplinas curriculares implicadas en el acrónimo? Nuestra respuesta es no” (TOMA; GARCIA- CARMONA, 2021, p. 74), uma conclusão em linha com a do autor destas linhas, pelo menos enquanto a investigação não aconselhar uma mudança de posição. O título do estudo em que esta citação é feita é uma possível razão de ser do uso e abuso do novo acrónimo.

2.2 RECONCEPTUALIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO CURRICULAR

Do que se trata não é de quais os saberes (incluindo competências, atitudes e valores) são considerados como os mais adequados em cada nível e áreas do currículo (matéria de permanente polémica académica) mas sim da necessidade de repensar estrategicamente a organização do currículo, no caso vertente o da ciência escolar, no quadro epistemológico da complexidade. Tal repensar é transversal a todos os níveis de ensino da ciência escolar ainda que as dificuldades na sua implementação sejam previsivelmente diferentes à medida que nos afastamos dos níveis iniciais de ensino e também exijam o envolvimento ativo de diferentes

agentes (e não só dos professores). Defende-se aqui um outro olhar sobre o currículo de ciências valorizando a interdisciplinaridade e a flexibilidade curriculares como duas dimensões com elevado potencial de mudança. A discussão de outras dimensões curriculares como a diferenciação curricular (atenta à valorização das diferenças individuais e culturais) ou a mobilidade e internacionalização curriculares (em particular no quadro do programa ERASMUS + da Europa não cabem nos limites deste estudo.

2.2.1 Interdisciplinaridade

Na sua essência, a interdisciplinaridade é um diálogo epistémico entre os saberes. O problema da interdisciplinaridade (na escola e não só) não é se ela é ou não importante. Também não é conhecer os seus fundamentos epistémicos (ver por exemplo, FAZENDA, 2008; POMBO, 2021). O problema da interdisciplinaridade é **que** interdisciplinaridade é necessário fazer e **como** trabalhá-la. As dificuldades são de diversa ordem desde logo dificuldades de ordem epistémica resultantes de perspetivas de ciência marcadas pelo Positivismo valorizando a fragmentação dos saberes (uma herança da revolução industrial do século XVIII); consequente não adequação dos modelos de formação de professores às problemáticas da interdisciplinaridade; dificuldades de formação de conteúdo nas diferentes disciplinas do elenco interdisciplinar e também de formação didática (só minoradas nos níveis iniciais de ensino); falta de recursos didáticos adequados.

A escola deve promover um diálogo inovador entre diversas áreas do saber que ajude os jovens a reinventar a sua relação com o conhecimento, permitindo-lhes dar sentido unidade e coerência com a diversidade das suas representações e experiências com o mundo. Vários países abordam com maior ou menor sucesso abordagens interdisciplinares através da organização engenhosas do currículo escolar e de adequadas transposições didáticas, aqui entendidas no sentido dado por Chevallard (1985) como o trabalho que transforma um objeto do saber num objeto de ensino, no caso vertente um objeto da ciência em objeto da ciência escolar (currículo instituído). Por exemplo, no caso da educação básica (dos 7 aos 16 anos) na Finlândia onde, desde 2016, o estudo de fenómenos (*phenomenon based learning*) e não de disciplinas fragmentadas (*subject based learning*) passou a ser o foco curricular. Em si mesmo, as orientações do ensino das ciências (STEM/CTS) acima referidas configuram potenciais exemplos de interdisciplinaridade embora pelas suas especificidades mereceram tratamento próprio.

Uma das abordagens à interdisciplinaridade que o autor se tem debruçado envolve a articulação entre a arte a ciência e o seu ensino, escolhido como um exemplo limite (para muitos) de dois projetos epistémicos (ciência e arte) frequentemente considerados como antagónicos. No fundo, o que se pretendia demonstrar era que, mesmo em casos considerados limites, é possível ir além das disciplinas e revelar o carácter multicentrado e multirreferencial do conhecimento. No Quadro 2 apresentam-se exemplos de estudos interdisciplinares de ensino das ciências envolvendo o binómio arte/ciência (CACHAPUZ, 2020) privilegiando estudos recentes em língua portuguesa (e onde se apresenta uma resenha sobre a abordagem didática de cada um dos exemplos citados e não só a sua referência). Como então referido pelo autor, “a questão interessante não é se a Arte e a Ciência são áreas diferentes da experiência humana (já o sabíamos) mas sim que de que modo as suas similaridades/diferenças podem ajudar-nos a pensar novos horizontes educativos” (op. ci. p. 4).

Quadro 2 - Exemplos de estudos interdisciplinares Arte/Ciências/Ensino

Temática	Ensino fundamental	Ensino médio	Tipologia da arte	Referência
Centro de massa		X	escultura; dança	Freitas et al., 2019
Genética/mitocôndrias		X	literatura	Farias et al., 2017
Dualidade onda/corpusculo		X	literatura/poesia	Cachapuz, 2014
Ambiente e energia nuclear	X		Cinema	Cunha; Giordan, 2009
Estados físicos da matéria; massa e peso; polinização	X		literatura	Groto; Martins, 2015
Árvore da vida	X		ilustração	Corso et al., 2019
Ambiente (transporte sedimentar; interface terra/mar)	X		dança; música	Matias et al., 2019
Água e suas propriedades	X		poesia e performance	Guimarães e Silva, 2016
Química (conceito)		X	dramatização	Neto et. al., 2013
Funções orgânicas oxigenadas		X	Cinema	Santos; Aquino, 2011
Propriedades do ar	X		Pintura	Gorri e Filho, 2009
Física Quântica (Princípio da incerteza...)		X	literatura	Souza; Neves, 2016
Cor e luz	X		ilustração	Cachapuz; Ferreira, 2010 2010

Fonte: Cachapuz (2020).

Não se trata de estruturar um currículo de ensino das ciências centrado no binômio arte/ciência, mas tão só, pontualmente, explorar sinergias entre essas duas áreas a propósito do estudo de uma dada temática curricular (ver Quadro 2, 1ª coluna) e discutir com os alunos o significado epistêmico desse contágio interdisciplinar. A mais valia de cada exemplo

arte/ciência na formação intelectual dos alunos (e não só instrução) depende em boa parte do modo como tal discussão tenha lugar. Para os professores, o mais das vezes confrontados com um currículo (currículo instituído) que não escolheram, o problema da transposição didática são as transposições didáticas de 2ª ordem, as que resultam do trabalho de transformação dos objetos de ensino em aprendizagens dos seus alunos, ou seja, os processos de ensino/aprendizagem das ciências. É sobre essa vertente que o estudo acima referido se completa e elabora com a apresentação de um workshop para a necessária formação de professores de ciências.

2.2.2 Flexibilidade curricular

A flexibilidade curricular diz respeito a uma arquitetura curricular aberta. Tal plasticidade curricular permite às escolas/professores ir além do currículo instituído abrindo novas áreas de formação (por exemplo, ciência e ética) ou aprofundamento de outras, sobretudo no ensino secundário (por exemplo, robótica, genômica, nanotecnologias ou ainda programação). Trata-se, pois, de intervir ao nível institucional (não confundir com o recriar o currículo pelo uso de diferentes estratégias ou processos de ensino/aprendizagem/avaliação ou construção de materiais didáticos, podendo ou não incluir a participação dos alunos). A flexibilidade curricular é uma tendência em crescendo (pelo menos em vários países europeus) porventura devido ao seu potencial adaptativo de criar contextos mais significativos de aprendizagem tendo em conta realidades locais/regionais (por exemplo, na Finlândia). Mas não só. A defesa acima feita da educação em ciências para a cidadania como uma educação para todos (pelo menos na escolaridade obrigatória) não pode deixar ficar de fora alunos mais academicamente orientados para estudos de ciência/tecnologia (sobretudo no ensino secundário) ou que desejem adquirir/completar formações diversificadas (por exemplo, arte, música, línguas...). Também aqui, a flexibilidade curricular permite oportunidades de escolhas pelos alunos de formações mais aprofundadas/optativas. Espaços curriculares abertos deste tipo abrem a porta ao pluralismo metodológico. Tornam mais fácil a articulação do ensino na escola (ensino formal) com atividades de ensino em ambientes não formais de ensino, deslocando o foco no que aprender para o como aprender. Por exemplo, espaços curriculares abertos (com uma percentagem a definir em relação ao tempo curricular total) para visitas de estudo, aulas de campo, palestras de investigadores visitantes (divulgação científica), projetos participados pelos alunos, clubes de ciências, contatos com o mundo do trabalho, centros de investigação de ciências... O seu valor educativo é ainda potenciado se correr em paralelo com a interdisciplinaridade curricular.

Em Portugal, existem experiências em curso sobre a autonomia e flexibilidade curricular dos ensinos básico e secundário desde 2017-2018 (PORTUGAL, 2017). Neste projeto nacional que abrange os estabelecimentos de ensino da rede pública e privada, cujos órgãos de direção, administração e gestão manifestem interesse na implementação do mesmo e permitindo a gestão do currículo de forma flexível e contextualizada, as escolas podem gerir até 25% da carga horária semanal prevista por ano de escolaridade, incluindo a criação de novas disciplinas curriculares. O projeto foi posteriormente avaliado *in situ* positivamente por um painel internacional da OCDE (2018). De entre as recomendações para a melhoria da iniciativa foi recomendado a identificação de boas práticas de ensino, de temas emergentes interdisciplinares bem como a capacitação de lideranças escolar.

A flexibilidade curricular é um desafio à formação contínua dos professores de ciências ao abrir novos espaços ao seu desenvolvimento profissional e inovação do seu ensino. Depende, e muito, da cultura organizacional e operacional das escolas, em particular, da autonomia das escolas e da capacidade das suas lideranças. Matilla e Silander (2015)

referem que não chega levar a cabo projetos de escola alocando fundos e recursos pela liderança das escolas para alterar a cultura organizacional da escola. Para que um projeto se transforme em inovação na cultura organizacional e operacional das escolas, estes autores defendem que é necessário a implicação das lideranças desde o início através de um plano de trabalho em que se definam as suas responsabilidades nas várias fases do desenvolvimento do mesmo. Quer isto dizer que em sistemas educativos centralizados, em escolas sem lideranças (falta de visão estratégica da mudança) e com currículos instituídos de arquitetura fechada, a mudança curricular é dificilmente exequível.

2.3 PESQUISA/INOVAÇÃO

Dez anos antes escrevia que:

A qualidade da pesquisa não chega. Temos de clarificar o que é que a pesquisa em Educação em Ciências pretende influenciar prioritariamente. O futuro da Educação em Ciências não depende só da intrínseca qualidade da pesquisa; depende também da sua relevância social e da sua visibilidade pública. Dou por adquirido que este é um terreno algo controverso. Mas não é ignorando-o que ele se resolve. A minha experiência (similar à de vários outros pesquisadores) é de que, com demasiada frequência, os resultados da pesquisa educacional (Educação em Ciências e não só) não são transpostos para práticas relevantes do ensino das ciências, e não influenciam políticas educativas, decisores curriculares, media, encarregados de educação... (CACHAPUZ, 2012, p. 127).

Dez anos depois, há boas razões para pensar que estamos ainda longe do desejável. Naturalmente não está em jogo a importância da pesquisa no esforço de teorização (embora tenha fundamentadas dúvidas se, dada a matriz epistémica da Educação em Ciências, será alguma vez possível elaborar uma teoria global que una de forma coerente conceitos, fenómenos e circunstâncias relativas ao ensino e à aprendizagem das ciências), do seu papel na compreensão das situações educativas e das propostas de ação. Mas não chega. O longe do desejável diz respeito ao impacto limitado da pesquisa em educação em ciências no ensino, na formação de professores, decisores curriculares e, menos ainda, na decisão das políticas educativas, ou seja, como promotor da mudança (para melhor) das práticas profissionais respetivas. O problema é recorrente (ver por exemplo, TRAIANA; HAMMERSLEY, 2008). A qualidade académica da pesquisa não é condição suficiente da sua relevância como campo de conhecimento. Tal situação não favorece o desenvolvimento da educação em ciências, incluindo a sua imagem pública, e deve ser alvo de intenso debate (e não o é) pelas diferentes comunidades envolvidas. É por isso que se aproveita este fórum para o trazer aqui.

O que falta?

Para começar, o que falta é uma reorientação da pesquisa com maior ênfase na inovação, isto é, procurando resolver problemas da prática, sobretudo das práticas de ensino e de formação de professores. Que os professores (na sua maioria) não leem jornais de investigação já o sabíamos. Os artigos de pesquisa académica são úteis para circulação interna na comunidade de pesquisadores, não para outras audiências. Mas há esforços no bom sentido, tenha-se em conta, entre outros, jornais como o *Química Nova na Escola*, *School Science Review* ou *The Physics Teacher*, não por acaso sinalizando no título que é para a escola e professores que se destinam os seus artigos. São revistas prestigiadas pelos professores (e não só), bons exemplos a seguir. Só que não trazem elevado prestígio académico. Algo a rever.

Sabemos pouco como os professores constroem os seus saberes profissionais, as epistemologias das práticas, e de como elas implicam com o seu ensino. Ao invés da pesquisa

académica que sobrevaloriza a construção de interesses epistémicos, a inovação procura intervir na realidade no sentido da mudança. Que sugestões então de melhoria?

É necessário e possível intervir em três vertentes: na natureza da pesquisa, na sua comunicação e na sua organização (de fora ficam as políticas de apoio à pesquisa que não cabem no escopo deste estudo). Para cada uma delas sugere-se uma medida.

Sobre a primeira das vertentes, é preciso envolver professores experientes (frequentemente com estudos de pós-graduação) na definição das questões da pesquisa, seu acompanhamento e avaliação (definição, e não só na sua participação ou aceitação do já decidido a montante). Tal medida desloca a atenção do foro académico para o estudo de problemas reais do ensino/aprendizagem ou formação, em particular se desenvolvidos em seguida através de percursos de pesquisa/ação.

No que respeita à melhoria da comunicação, é necessário dar melhor visibilidade pública aos estudos sobre o trabalho dos professores (contextos formais e não formais), trabalho de inovação feito pelos professores nas escolas ou fora dela frequentemente ignorado ou desvalorizado. Maior atenção à produção em revistas como acima referidas. É tornando público o ensino que ele é passível de ser criticado e, assim, ser melhorado.

Quanto à vertente da organização, os modelos tradicionais de organização/disseminação da pesquisa (em cascada, linear, centro-periferia...) já mostraram as suas limitações. O que lhes é comum é serem modelos de natureza vertical (racionalidade técnica). Não há reversibilidade dos processos e dos efeitos. Para Brown (2005, p. 383), esses modelos tradicionais “*have largely been discredited as naïve, simplistic and ineffective*”. Falta explorar redes e parcerias (modelos horizontais) entre a comunidade de pesquisadores e a comunidade educacional, em particular com professores experientes das escolas. Onde as há houve avanços. As pesquisas sobre desenvolvimento/inovação curricular, estratégias de ensino e de avaliação são aqui fortes candidatos. Acresce que, no entender de Harkavy (2022) as implicações das parcerias entre universidades e escolas podem ser uma estratégia relevante para mudar comunidades, escolas e o próprio ensino superior. Em particular, tais parcerias podem ajudar os professores a serem mais autónomos e melhor preparados para lidar com os desafios do currículo.

Sendo tais sugestões relativamente óbvias e havendo bibliografia datada sobre tais problemas (Brown op.ci.), pergunta-se, o que falta então? Essencialmente falta uma mudança de atitudes e estabelecimento de prioridades em relação à reorientação da pesquisa. Ao nível institucional, transversal a estas três sugestões de melhoria da pesquisa em educação em ciências é o papel das instituições de ensino superior. Tal papel implica outros modos de trabalhar, nem sempre fazendo parte da cultura de trabalho dos docentes do ensino superior. E tempo. Para começar, no reconhecimento da produção de educação em ciências em revistas sem grande fator de impacto (ver acima) ou ainda na supervisão de jovens investigadores e no seu enquadramento institucional, no desenho e organização de projetos de pesquisa e na coordenação de equipas de pesquisa que devem passar agora a operar noutros moldes organizativos (ver acima). Mas não só. Também a nível das escolas, parte da resposta passa pelo apoio da liderança à inovação, pela boa coordenação/cooperação entre órgãos intermédios de gestão escolar, em particular a nível dos departamentos/professores (de ciências e não só), algo ainda longe de fazer parte da vida de muitas escolas.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Volto por onde comecei, desta vez com Marcus Tullius Cícero, respeitado filósofo na Roma da antiguidade, para quem um dos erros que os homens geralmente só reconhecem depois dos cinquenta anos é negligenciarem desenvolver e refinar continuamente a sua mente.

Um erro que aqui não quis cometer.

Como acima referido, a finalidade do estudo foi trazer contributos sobre problemáticas pertinentes da educação em ciências, estimular a reflexão crítica e o debate sobre as mesmas e apontar sugestões de caminhos possíveis para a sua melhoria. Sempre que possível como trabalho cooperativo entre a comunidade de investigadores e professores. Sem os professores não há mudança.

Além das reflexões feitas sobre orientações da educação em ciências, reconceptualização do currículo e pesquisa/inação, outras reflexões ficaram por fazer (estratégias de ensino e de avaliação, espaços não formais de ensino, integração das novas tecnologias no ensino, formação inicial de professores, formação de mentores...), nem por isso menos importantes e atuais. A intenção não foi esgotar o campo (!) nem conquistar prosélitos.

As escolas devem ter graus de liberdade na implementação do curriculum oficial e as parcerias entre as escolas e instituições de ensino superior podem ajudar os professores e as escolas a ter maior autonomia e estar melhor preparados para lidar com desafios com que se confrontam. Também podem ajudar as instituições de ensino superior a estar mais conscientes precisamente desses mesmos desafios.

AGRADECIMENTO

Este trabalho é financiado por Fundos Nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., Portugal, no âmbito do projeto UID/CED/00194/2019.

REFERÊNCIAS

BALLESTEROS-BALESTEROS, V.; GALEGO TORRES, A. De la alfabetización científica a la comprensión pública de la ciencia. **Trilogia Ciência, Tecnologia Sociedad**, Medellín, v. 14, n. 26, e1855, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.22430/2147778.1855>. Acesso em: 20 set. 2022.

BERA. **The role of research in teacher education**: reviewing the evidence. London: BERA, 2014.

BROWN, S. How can research inform ideas of good practices in teaching? **Cambridge Journal of Education**, Cambridge, v. 35, n. 3, p. 383-405, 2005.

CACHAPUZ, A. Educação em Ciências e o Arquipélago dos saberes: uma abordagem. In: TAUCHEN, G.; SILVA, J. (Orgs). **Educação em Ciências**: epistemologias, princípios e ações educativas. Curitiba: Editora CRV, p. 117-134, 2012.

CACHAPUZ, A. Arte e Ciências no ensino interdisciplinar das ciências. **Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática**, v. 1, p.1-19, e020009, 2020.

CEREZO, L.; CÁMARA, M. Scientific culture and the social appropriation of science. **Social Epistemology**, Londres, v. 21, n. 1, p. 69-81, 2007.

CHEVALLARD, Y. **La transposition didactique**. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1985.

FAZENDA, I. (Org.). **O que é a interdisciplinaridade**. São Paulo: Cortez, 2008.

FISCHER, D.; KINGHTTIPS, J.; RIECKMANN, M.; BARTH, M.; BUSSING, A.; HEMMER, I.; LINDAU-BANK, D. Teacher Education for Sustainable Development: A Review of an Emerging Research Field. **Journal of Teacher Education**, Thousand Oaks, v. 73, n. 5, p. 509-524, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/00224871221105784>. Acesso em: 12 jun. 2022.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GARCIA-CARMONA, A. STEAM: una nueva distracción para la enseñanza de la ciência? **Ápic. Revista de Educación Científica**, La Coruña, v. 4, n.1, p. 35-50, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.17979>. Acesso em: 15 jun. 2022.

HARKAVAY, I. University-assisted community school program of West Philadelphia: Democratic partnerships that make a difference. **New Directions for Youth Development**, San Francisco, n. 107, p. 35-43, 2005. Disponível em: <https://doi.10.1002/yd.127>. Acesso em: 28 out. 2022.

LUDKE, H.; MARLI, A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MATILLA P.; SILANDER, P. (Orgs.). **How to create the school of future**. Oulo/Finland: University of Oulo, 2015.

MAYOR, F.; FORTI, A. (Orgs.). **Ciência e Poder**. São Paulo: Papirus, 1999.

MORA, M. S. La comunicación pública de la ciencia y la educación informal: una relación complementaria. **Journal of Science Communication - America Latina**, Trieste, v. 5, n. 1, p. 1-13, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.22323/3.05010401>. Acesso em: 12 out. 2022.

OCDE. **OECD Economic Surveys: Portugal 2018**. Paris: OECD Publishing, 2018. Disponível em: http://www.dge.me.pt/sites/files/Projetoscurriculares/Aprendizagens_Essenciais/oecd_preliminaryfindings_the_pilot_review_for_portugal_feb2018_sumario.pdf. Acesso em: 15 set. 2022.

OZDEN, M. Science Education for Citizenship: A Case Study. **Anadolu Journal Of Educational Sciences International**, Eskisehir, v. 10, n. 1, p. 150-188, 2020. Disponível em: <https://doi:10.18039/ajesi.682020>. Acesso em: 16 set. 2022.

PERALES, J.; AGUILERA, D. Ciencia-Tecnologia-Sociedad vs STEM: evolución, revolución ou disyunción? **Ápic. Revista de Educación Científica**, La Coruña, v. 4, n. 1, p. 1-15. 2020. Disponível em: <https://doi.ORG/10.17979/arec.2020.4.1.5826>. Acesso em: 1 set. 2022.

POMBO, O. **Interdisciplinaridade: ambições e limites**. Lisboa: Alêtheia, 2021.

PORTUGAL, **Despacho n.º 5908/2017, de 5 de julho**. Lisboa: Ministério da Educação, 2017.

QURESHI, A.; DEMIR, K. A Comparative Review of the Literature on Pakistani Science Teachers' Professional Development. **Science Education International**, Dunedin, v. 30, n. 3, p. 223-235, 2019.

SMITH, K.; LINDSAY, S. Building future directions for teacher learning in science education. **Research in Science Education**, Roskilde, v. 46, p. 243-361, 2016.

STEINER, G. **A ideia de Europa**. Lisboa: Gradiva, 2007.

TAKEUCHI, M. A.; SENGUPTA, P.; SHANAHAN, M.; ADAMS, J. D.; HACHEM, M. Transdisciplinarity in STEM education: a critical review. **Studies in Science Education**, Exeter, v. 56, n. 2, p. 213-253, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1755802>arec.2020.4.2.6533. Acesso em 12 mar 2022.

TOMA, R; GARCIA-CARMONA, A. De STEM nos gusta todo menos STEM. Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. **Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 39, n. 1, p. 65-80, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5565/ver/ensciencias.3093>. Acesso em: 27 set. 2022.

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

UNESCO. **Fórum Mundial da Ciência**. Lisboa: Comissão Nacional da UNESCO, 2017.

Submetido em: 19/10/2022 Aprovado em: 02/11/2022
