

## **Educação em Ciências e Matemática com Orientação CTS Promotora do Pensamento Crítico**

### **Educación en ciencias y matemática con orientación CTS para promover el pensamiento crítico**

#### ***Science And Math Education With A STS Orientation: Promoting Critical Thinking***

**Celina Tenreiro-Vieira e Rui Marques Vieira \***

As sociedades atuais, em particular as ocidentais, são profundamente marcadas pelos avanços da ciência e da tecnologia e seus impactos em todas as esferas da vida quotidiana. A educação em ciências enformada numa orientação CTS, visando o pensamento crítico, e potenciadora do estabelecer de conexões com outras áreas como a matemática, afigura-se basilar na formação de cada indivíduo de modo a ser capaz de tomar parte informada nas decisões e cursos de ação que afetam o seu bem-estar e o bem-estar da sociedade como um todo. Neste quadro, o estudo que se apresenta teve como finalidade desenvolver atividades de aprendizagem de ciências com orientação CTS, potenciando a promoção de capacidades de pensamento crítico e o estabelecimento de conexões com a matemática. O estudo segue um plano de investigação-ação por se ter considerado ser o mais viável e coerente para focar as questões do currículo em ação, as quais no presente estudo, se configuraram como sendo centrais à conceção, produção, implementação e avaliação das atividades de aprendizagem desenvolvidas. No decurso da implementação das atividades recolheram-se dados recorrendo a diferentes instrumentos e técnicas, que foram, posteriormente, sujeitos a uma análise de conteúdo. Os resultados obtidos sugerem que as atividades desenvolvidas contribuíram para a mobilização de capacidades de pensamento crítico dos alunos. O referencial teórico usado configura-se, pois, como uma ajuda relevante para fundamentar e explicitamente desenvolver as atividades de aprendizagem propostas, capazes de suportar práticas de ensino das ciências mais consonantes com a melhoria da literacia científica dos alunos.

143

**Palavras-chave:** orientação CTS, pensamento crítico, literacia científica, conexões das ciências com a matemática

---

\* Centro de Investigação Didática e Tecnologia na Formação de Formadores, Universidade de Aveiro, Departamento de Educação e Psicologia, Aveiro, Portugal. Email: cvieira@ua.pt e rvieira@ua.pt.

Las sociedades actuales, en particular las occidentales, están profundamente marcadas por los avances en la ciencia y la tecnología y su impacto en todos los ámbitos de la vida cotidiana. Con el objetivo de promover el pensamiento crítico y potenciar sus conexiones con las matemáticas, la enseñanza de ciencias con una orientación CTS es fundamental en la formación de individuos capaces de tomar decisiones informadas para obtener bienestar para ellos y para la sociedad en su conjunto. En este contexto, este artículo tiene como propósito desarrollar actividades de aprendizaje de ciencias con orientación CTS, la mejora de la promoción de la capacidad de pensamiento crítico y el establecimiento de conexiones con las matemáticas. El estudio sigue un plan de investigación-acción, ya que se considera que es el más viable y coherente para enfocar la atención en temas curriculares, que en este estudio se han configurado como centrales para el diseño, producción, aplicación y evaluación de las actividades de aprendizaje desarrolladas. Se recolectaron datos utilizando diferentes herramientas y técnicas; esos datos fueron posteriormente sometidos a un análisis de contenido. Los resultados sugieren que las actividades han contribuido a la movilización de las habilidades de pensamiento crítico de los estudiantes. El marco teórico utilizado parece ser una ayuda para apoyar y desarrollar actividades de aprendizaje para mejorar el pensamiento crítico de los estudiantes.

**Palabras clave:** orientación CTS, el pensamiento crítico, la formación científica, las conexiones entre la ciencia y las matemáticas

*Modern societies, particularly western ones, are deeply marked by advances in science and technology and their impact in all areas of life. Science education with a STS orientation, aimed at promoting students' critical thinking and the establishment of connections with other areas such as mathematics, is fundamental to help individuals to make informed decisions and improve their well-being, and their society's well-being as well. In this context, this paper aims to develop science learning activities with a STS orientation, enhancing the promotion of critical thinking and the establishment of connections between science and mathematics. It follows an action-research plan that was considered to be the most viable and coherent one to focus on curriculum issues in action, which in this paper were configured as central to the design, production, implementation and evaluation of learning activities. During their implementation, the data was collected through different techniques and the use of various tools; it was also subjected to a process of content analysis. The results obtained suggest that the activities that were carried out contributed to the mobilization of students' critical thinking abilities. The theoretical framework that was used seemed to be a significant help to support and explicitly develop learning activities in order to support science teaching practices and improve students' critical thinking.*

**Key words:** STS orientation, critical thinking, scientific literacy, connections between science and mathematics

## Introdução

Nas atuais sociedades, profundamente marcadas pela rápida evolução da ciência e da tecnologia, é inquestionável a importância de uma educação em ciências e matemática capaz de ajudar todos os alunos a pensarem por si próprios, a alcançarem uma participação esclarecida e racional nos diferentes contextos de vida, incluindo o intervir na resolução de problemas de âmbito local, regional, nacional e mesmo mundial. Nesta ótica, o pensamento crítico emerge como proeminente e estreitamente ligado ao envolvimento informado e racional com questões ou problemas globais, socialmente relevantes, que abarcam a ciência e a tecnologia. Neste contexto, é não só crucial o uso de conhecimento conceptual relevante, bem como de capacidades de pensamento crítico, nomeadamente para comparar e avaliar vantagens e desvantagens de opções disponíveis.

A construção de conhecimentos científicos e o desenvolvimento de capacidades de pensamento e de atitudes a propósito da abordagem de problemas sociais que envolvem a ciência e a tecnologia tem-se afirmado como central na educação em ciências com orientação CTS. Igualmente central é a valorização do quotidiano para um ensino contextualizado da ciência, visando a construção de saberes úteis e utilizáveis em diferentes contextos da vida. Decorrente disso, a orientação CTS tem-se afirmado como linha de força no desenvolvimento de currículos de ciências, em diversos países, almejando-se a sua transposição para o currículo implementado em sala de aula.

Neste quadro, o estudo que se apresenta, teve a finalidade de desenvolver (conceber, produzir, implementar e avaliar) atividades de aprendizagem de ciências com orientação CTS, potenciando a promoção de capacidades de pensamento crítico e o estabelecimento de conexões das ciências com a matemática. Procurou-se responder à questão de investigação: Qual o impacto das atividades desenvolvidas na mobilização de capacidades de pensamento crítico dos alunos envolvidos no estudo?

145

### 1. Contextualização teórica

A literacia científica para todos tem-se configurado como meta central nos currículos de disciplinas de ciências. Relewa-se uma educação em ciências capaz de ajudar todos os alunos a pensarem por si próprios, a enfrentarem a vida e a alcançarem uma participação esclarecida e racional numa sociedade democrática. Neste quadro, têm sido desenvolvidos esforços compartilhados no sentido de explicitar e clarificar o significado atribuído à expressão literacia científica, ressaltando características e atributos da pessoa com literacia científica.

Vários investigadores em educação em ciências têm teorizado que a literacia científica engloba uma combinação de capacidades, disposições e conhecimentos necessários para cada um se envolver em debates sobre questões socialmente relevantes e que abarcam saberes da área das ciências e da tecnologia (Yore, Pimm e Tuan, 2007; Yore, 2012). Com base no trabalho de Yore e colaboradores, Lin (2014)

identificou três dimensões interatuantes nesta visão de literacia científica: (a) a literacia fundamental em ciências, que inclui metacognição, pensamento crítico, hábitos da mente, linguagem e tecnologias de informação e comunicação), (b) a compreensão das grandes ideias (ideias centrais, conceitos transversais, natureza do empreendimento e da investigação em ciências, *design* tecnológico) e (c) uma maior participação no debate público sobre questões que envolvem saberes da área das ciências e que são relevantes para o indivíduo e para a sociedade como um todo. Assim sendo, importa que as decisões sobre tais questões sejam informadas e racionais, por oposição às que são baseadas no senso comum e/ou em razões arbitrárias, e que resultem em ações sustentáveis a nível local, nacional e internacional para que todos, gerações atuais e vindouras, possam ter vidas produtivas e gozar de qualidade de vida (Halpern, 1996; Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins, 2011).

Como salienta Harlen (2010), tomar parte informada nas decisões e cursos de ação que afetam o seu bem-estar de cada um e o bem-estar da sociedade como um todo, implica uma ampla compreensão de ideias chave da Ciência em conjugação com o desenvolvimento de capacidades e de atitudes científicas. Nesta ótica, o pensamento crítico e a orientação CTS emergem como proeminente e estreitamente ligado à literacia científica, integrada em correntes como “ciência para todos”, “alfabetismo científico crítico” e “literacia científica” (Tenreiro-Vieira, Vieira, e Martins, 2011). De facto, a participação, enquanto cidadãos ativos e agentes de coesão social, numa sociedade democrática plural, científica e tecnologicamente avançada, exige mais do que ser capaz de levar a cabo tarefas impostas externamente; também requer ser capaz de extrapolar a partir do que se aprendeu e aplicar conhecimento construído e capacidades de pensamento para interatuar com os outros, comunicando posições e (contra)-argumentos de forma eficaz, e para participar nos processos de resolução de problemas e de tomada de posição sobre questões ou assuntos socialmente relevantes que envolvem a ciência e a tecnologia.

Como sustentam Ennis e Norris (1989), o PC envolve a resolução de problemas e a tomada de decisão, pois este tipo de pensamento ocorre num contexto de resolução de problemas, sendo que muitos deles que envolvem a Ciência e a Tecnologia e/ou num contexto de interação com os outros, a fim de decidir, racionalmente, o que fazer ou em que acreditar. Nesta linha, Cottrell (2005) defende que o pensamento crítico compreende a análise e avaliação de informação divulgada e dos argumentos apresentados em relatórios e em meios de comunicação.

A orientação CTS para o ensino das ciências advoga a (re)construção de conhecimentos científicos e o desenvolvimento de atitudes e de capacidades de pensamento, incluindo de pensamento crítico, no contexto da abordagem de assuntos e da resolução de problemas sociais que envolvem a ciência e a tecnologia. Assim sendo, potencia o criar de condições para que tais aprendizagens se tornem úteis no dia-a-dia, não numa perspetiva meramente instrumental mas sim numa perspetiva de ação, tendo em consideração preocupações atuais de desenvolvimento sustentável (Tenreiro-Vieira e Vieira, 2005).

Seguindo de perto o registo de Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins (2011) numa orientação CTS/PC na educação em ciências destacam-se alguns elementos distintivos. Um deles prende-se com o valorizar situações reais para um ensino contextualizado da ciência, enfatizando as interações com a tecnologia e a sociedade, capaz de viabilizar a eficaz mobilização de conhecimentos, atitudes e capacidades como as de PC ligadas à tomada de decisão e à resolução de situações-problema sociais com uma componente científico-tecnológica. Outro elemento tem a ver com o abordar os problemas, situações ou questões num contexto interdisciplinar e no contexto de perspetivas pessoais e sociais; muitos dos problemas de relevância social que envolvem a ciência e a tecnologia requerem a recolha de informação a partir de diferentes disciplinas, com vista a conciliar as análises fragmentadas que as visões analíticas dos saberes disciplinares fomentam e fundamentam. Um pensamento interdisciplinar e globalizante é fundamental para a compreensão do mundo na sua globalidade e complexidade (Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins, 2011).

Decorrente do exposto, releva-se a importância de um ensino contextualizado das ciências, estabelecendo conexões com a matemática, pois que a ligação entre ambas não é apenas de conteúdo, mas também em relação a processos e capacidades de pensamento (*National Council of Teachers of Mathematics*, 2007). Como salienta a *National Academy of Sciences* (1996), a ciência pressupõe o uso da matemática na recolha e tratamento de dados e no pensamento implicado na construção de conceitos, leis e teorias. Além disso, o estabelecimento destas conexões permite que os alunos possam começar a utilizar ferramentas de análise e organização de dados recolhidos, por exemplo, no contexto de uma investigação científica. Concomitantemente e como referem Bossé e outros (2010), uma aprendizagem contextualizada que favorece o estabelecer de conexões entre ciências e matemática pode favorecer o desenvolvimento de atitudes mais positivas, o envolvimento e o gosto pela aprendizagem e a motivação para estas áreas, sendo que tal favorece o sucesso escolar dos alunos. Potenciar conexões entre as ciências e a matemática e entre estas e a tecnologia pode ser conseguido a partir do desenvolvimento de propostas didáticas que proporcionem um papel ativo do aluno no desenvolvimento dos seus conhecimentos, capacidades e atitudes destas áreas do saber (Nogueira, Tenreiro-Vieira e Cabrita, 2010).

147

## 2. Metodologia

O estudo segue um plano de investigação-ação por se ter considerado ser o mais viável e coerente para focar as questões do currículo em ação, as quais no presente estudo, se configuraram como sendo centrais à conceção, produção, implementação e avaliação das atividades de aprendizagem desenvolvidas. Com efeito, a investigação-ação é caracterizada por ser situacional, interventiva, participativa e auto avaliativa, tendo como propósito base a inovação e mudança (Coutinho, 2011), como a que se assume neste estudo. Neste quadro, configura-se uma via apropriada quando se pretende introduzir mudanças para a melhoria das práticas didático-pedagógicas, sendo “um processo dinâmico, iterativo e aberto aos emergentes e necessários reajustes, provenientes da análise das circunstâncias e dos fenómenos em estudo” (Esteves, 2008: 82).

Na esteira do preconizado por diferentes autores, neste estudo, o plano de investigação-ação envolveu ciclos sucessivos de uma espiral contemplando como etapas centrais a planificação, a ação e observação e a reflexão (Coutinho, 2011). Assim e para cada uma das sucessivas atividades desenvolvidas, após a planificação, em conjunto pelos autores da presente comunicação, ocorreu a ação e a observação em sala de aula mediante a implementação das atividades de aprendizagem nas aulas de ciências naturais. Seguiu-se a reflexão conjunta sobre a atividade implementadas, a qual foi integrada no ciclo seguinte, conciliando análise crítica da prática e implementação da mudança em direção à melhoria almejada (Latorre, 2003; Moreira, 2001).

### **2.1. Contexto e participantes**

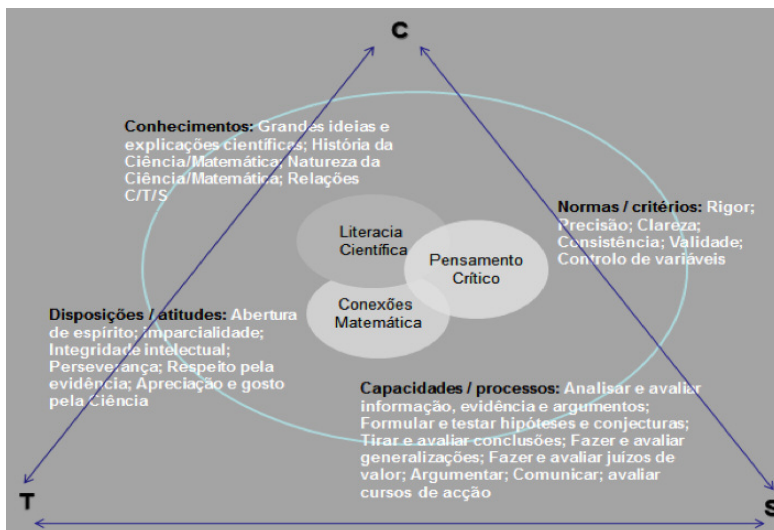
A intervenção realizada no âmbito do estudo ocorreu nas aulas da disciplina de ciências naturais de uma turma do sexto ano constituída por 26 alunos, sendo 16 raparigas e 10 rapazes, cuja idade média é de 11 anos (desvio padrão de 0,5 anos), sendo o mínimo e o máximo, respetivamente, 10 e 12 anos. A seleção desta turma, como contexto de ação, decorre do facto de o professor de ciências naturais integrar o grupo de investigação dos autores, o que viabilizava o implementar das atividades de aprendizagem respeitando princípios subjacentes à sua conceção e produção das mesmas. Concomitantemente possibilitava a recolha de dados para avaliar o impacto das mesmas na mobilização de capacidades de pensamento crítico dos referidos alunos.

148

### **2.2. Intervenção: desenvolvimento das atividades**

Decorrente da finalidade do estudo, começou-se por estabelecer os referenciais a usar para o desenvolvimento atividades de aprendizagem de ciências com orientação CTS, potenciando a promoção de capacidades de pensamento crítico e o estabelecimento de conexões das ciências com a matemática. O quadro concetual base usado foi adaptado de Tenreiro-Vieira e Vieira (2013) e de Vieira e Tenreiro-Vieira (2014), conforme esquema as seguir apresentado.

**Figura 1. Interseção de componentes comuns a literacia científica, pensamento crítico, evidenciando conexões das ciências com a matemática num contexto CTS**



Este referencial inclui como vértices a sociedade (S) a ciência (C) e a tecnologia (T) para destacar a ideia de que a mobilização de conhecimentos e de capacidades de pensamento crítico assumem relevância acrescida no contexto da resolução de problemas, da tomada de decisão e posição sobre questões socialmente pertinentes que envolvem a ciência, a matemática e a tecnologia. Releva elementos comuns a literacia científica e a pensamento, estabelecendo conexões das ciências com a matemática, emergentes de referenciais e perspetivas de vários autores e organismos acerca destes conceitos. Em conjugação com este referencial e na esteira do trabalho desenvolvido pelos autores supracitados, recorreu-se à conceptualização de pensamento crítico de Ennis (1987) para explicitar o apelo a capacidade de pensamento crítico.

No desenvolvimento das atividades de aprendizagem teve-se também em consideração o enunciado nos documentos de orientação curricular, programas e metas curriculares, em vigor para o sexto ano de escolaridade de modo a potenciar a integração curricular das mesmas. Isto, decorrente de as atividades serem desenvolvidas para serem usadas no contexto das aulas de ciências naturais de uma turma do sexto ano de escolaridade.

Nesse sentido, identificaram-se domínios e subdomínios dos programas de ciências naturais e matemática a focar nas atividades e, concomitantemente, questões-problema ou situações passíveis de uma orientação CTS/LC/PC, potenciando conexões das ciências com a matemática, tendo por base os referenciais adotados e acima referidos. Depois, operacionalizaram-se as atividades de

aprendizagem, construindo o respetivo Guião, mediante a elaboração de questões que requerem mobilização de conhecimento científico e matemática e de capacidades de pensamento crítico na análise de situações, na decisão e tomada de posição racionais acerca de questões que socialmente relevantes e que envolvem a ciência, a matemática e a tecnologia.

O quadro seguinte apresenta as atividades de aprendizagem desenvolvidas, dando conta dos tópicos de ciências naturais e de matemática subjacentes a cada atividade, bem como, uma descrição dos elementos CTS/ LC/PC/ Conexões de ciências naturais com a matemática, explicitando as capacidades de PC requeridas, atendendo aos referenciais em uso. De clarificar que, na coluna com a designação tópicos é feita referência aos tópicos de ciências naturais e de matemática subjacentes às atividades, encontrando-se entre parêntesis o referente à matemática. De referir também que a numeração das atividades traduz a sequência de realização das mesmas pelos alunos.

**Quadro 1. Atividades de aprendizagem, tópicos subjacentes, tipo e elementos CTS/LC/PC. Conexões de ciências naturais com a matemática**

| Tópicos  | Tipo de atividade  | Elementos CTS/ LC/PC/ Conexões de ciências naturais com matemática, explicitando as capacidades de PC requeridas   |
|--|--|--|
| Alimentação e saúde<br>(Representação e tratamento de dados) | <b>A1-Análise de informação:</b> hábitos alimentares e obesidade nos diferentes escalões etários                         | Analisar e interpretar informação, apresentada em gráficos, sobre hábitos alimentares e a incidência de obesidade nos diferentes escalões etários.<br><br><b>Capacidades de PC:</b> Identificar a questão em foco; Explicar e formular hipóteses explicativas (critérios/normas: explicar a evidencia, ser consistente com os factos conhecidos, ser plausível). Analisar rótulos de produtos alimentares (pacotes de cereais) e escolha do mais adequado em função de um problema de saúde (hipertensão). Apresentar, com clareza e precisão, razões válidas em suporte do juízo de valor feito, mobilizando, correta e adequadamente, conhecimento científico e matemático relevante. Analisar rótulos de produtos alimentares (pacotes de cereais) e formular e explicar hipóteses sobre qual é mais provável ser um cereal integral. |
|  | <b>A2- Análise de rótulos:</b> tomada de decisão na escolha de um produto alimentar no caso de um dado problema de saúde | <b>Capacidades de PC:</b> Decidir uma ação e argumentar: Apresentar a tese e as razões que a sustentam; Explicar e formular hipóteses explicativas (critérios/normas: explicar a evidencia, ser consistente com os factos conhecidos, ser plausível).  |



| Tópicos   | Tipo de atividade  | Elementos CTS/ LC/PC/ Conexões de ciências naturais com matemática, explicitando as capacidades de PC requeridas   |
|---|--|--|
|   | <p><b>A3- Artigo de posição:</b> Concordas ou não com o encerramento do bar da escola durante o período de almoço?</p>                           | <p>Argumentar e comunicar uma posição sobre a questão em foco, relevante para a comunidade escolar, explicitando, com clareza e precisão, razões válidas em suporte do juízo de valor feito, mobilizando, correta e adequadamente, conhecimento científico e matemático relevante.</p> <p>Considerar, seriamente, razões a favor do ponto de vista oposta e refutá-las.</p> <p><b>Capacidades de PC:</b> Decidir uma ação e argumentar – Apresentar a tese e as razões que a sustentam; Contra-argumentar – explicitar alternativas e refutá-las com base em razões racionais e não arbitrarias.</p>   |
| <p>Importância das plantas, qualidade do ar e saúde<br/>(Representação e tratamento de dados)</p> | <p><b>B1- Análise de informação:</b> fotossíntese e respiração nas plantas; temperatura média global</p>   | <p>Analisar e interpretar informação relativa à taxa de uma planta nos processos de fotossíntese e de respiração em diferentes situações temporais (dia / noite; verão/inverno) e informação relativa à temperatura média nas décadas do século XX e XXI, apresentada sobre a forma de gráficos; identificar a questão em foco; classificar o tipo de dados em causa; identificar e apresentar razões; formular hipóteses explicativas e formular e justificar conjecturas a partir dos dados apresentados em gráficos.</p> <p><b>Capacidades de PC:</b> Identificar uma questão; Explicar e formular hipóteses explicativas (critérios/normas: explicar a evidencia, ser consistente com os factos conhecidos, ser plausível); Formular e justificar conjecturas (critérios/normas: explicar a evidencia, ser consistente com os factos conhecidos, ser plausível).</p> |
|   | <p><b>B2- Investigação científica:</b> Fatores que influenciam a fotossíntese – Análise de dados de uma planta.</p>                              | <p>Interpretar e formular hipóteses explicativas para os resultados obtidos no contexto de uma atividade experimental sobre a influência do tipo de água na atividade fotossintética</p> <p><b>Capacidades de PC:</b> Identificar uma questão; Explicar e formular hipóteses explicativas (critérios/normas: explicar a evidencia, ser consistente com os factos conhecidos, ser plausível).</p>   |
|   | <p><b>B3- Análise de informação:</b> Índice de qualidade do ar</p>   | <p>Analisar gráficos referentes à qualidade do ar em diferentes dias (meses) para uma dada região e formular e justificar conjecturas sobre a evolução da qualidade do ar na região.</p> <p><b>Capacidades de PC:</b> Formular e justificar conjecturas (critérios/normas: explicar a evidencia, ser consistente com os factos conhecidos, ser plausível).</p>   |
|   | <p><b>B4- Produção de texto:</b> Comunicação do presidente da camara aos municípios sobre medidas aplicar para a melhoria da qualidade do ar</p> | <p>Explicitar medidas a tomar para a melhoria da qualidade do ar e apresentar razões, com clareza e precisão, que sustentam a importância de tal de modo a convencer os municípios a cooperarem na sua implementação, mobilizando, correta e adequadamente, conhecimento científico e matemático relevante. Pensar no público alvo e ter isso em mente, para o persuadir.</p>  |

| Tópicos  | Tipo de atividade  | Elementos CTS/ LC/PC/ Conexões de ciências naturais com matemática, explicitando as capacidades de PC requeridas  |
|--|--|---|
|  |  | <b>Capacidades de PC:</b> Decidir uma ação e argumentar – Apresentar a tese e as razões que a sustentam   |
|  | <b>B5- Produção de texto:</b> Escrita a um amigo para o convencer a nunca fumar.   | Apresentar, com clareza e precisão, razões que sustentam a importância de não fumar mobilizando, correta e adequadamente, conhecimento científico e matemático relevante.<br>Pensar no público alvo e ter isso em mente, para o persuadir.<br><br><b>Capacidades de PC:</b> Decidir uma ação e argumentar – Apresentar a tese e as razões que a sustentam.  |
|  | <b>B6- Artigo de posição:</b> Concordas ou não a aplicação de um imposto de circulação a veículos motorizados pessoais no centro da cidade?" | Argumentar e comunicar uma posição sobre a questão em foco, relevante para cada um e para a comunidade como um todo, explicitando, com clareza e precisão, razões válidas em suporte do juízo de valor feito, mobilizando, correta e adequadamente, conhecimento científico e matemático relevante.<br>Considerar, seriamente, razões a favor do ponto de vista oposta e refutá-las.<br><br><b>Capacidades de PC:</b> Decidir uma ação e argumentar – Apresentar a tese que se defende e as razões que a sustentam;<br>Contra-argumentar – explicitar alternativas e refutá-las com base em razões racionais e não arbitrárias. |
| Reprodução no ser humano (Sequência e regularidades; proporcionalidade direta) | <b>C1- Estudo de caso:</b> Ciclo menstrual   | Analisar e interpretar o relato descritivo acerca do ciclo menstrual de uma pessoa. Usar a informação fornecida para responder a desafios prospetivos (datas de período fértil, ovulação e menstruação e se em determinado dia estará a ocorrer período fértil, ovulação ou menstruação).<br><br><b>Capacidades de PC:</b> Formular e justificar conjecturas (critérios/normas: explicar a evidência, ser consistente com os factos conhecidos, ser plausível);<br>Expressar uma posição e apresentar razões que a suportam.  |
|  | <b>C2- Questionamento:</b> Fecundação e desenvolvimento do novo ser  | Analisar e interpretar informação apresentada em diferentes formatos (texto, tabelas, gráficos e imagens ampliadas e/ou reduzidas, sendo explicitada a escala usada) e responder a questões com foco na sequência numérica, e respetiva lei de formação, correspondente à divisão celular após a fecundação; nos fenómenos de ovulação, fecundação e nidadação; e no desenvolvimento do novo ser.<br><br><b>Capacidades de PC:</b> Identificar uma questão; Expressar uma posição e apresentar razões que a suportam.   |

| Tópicos | Tipo de atividade  | Elementos CTS/ LC/PC/ Conexões de ciências naturais com matemática, explicitando as capacidades de PC requeridas   |
|---------|--|--|
|         | <p><b>C3- Investigação científica e Uso de tecnologias:</b><br/>                     Questões que podem ser respondidas com recurso a exames por ultrassom</p> | <p>Analisar e interpretar informação, em diferentes formatos, sobre tecnologias que permitem obter imagens do desenvolvimento intrauterino e ajuizar se um exame de ultrassom a uma mulher grávida permite ou não fornecer resposta para determinadas questões (exemplos: “No útero materno há mais do que um bebé?”; “De que cor são os olhos do nodo ser que se encontra no útero materno?”).</p> <p><b>Capacidades de PC:</b> Expressar uma posição e apresentar razões que a suportam.</p>   |
|         | <p><b>C4- Artigos de opinião:</b> As tecnologias de RMA ao longo dos tempos.</p>   | <p>Analisar e interpretar informação, em diferentes formatos, sobre tecnologias de reprodução medicamente assistida (RMA) e expressar e fundamentar uma opinião sobre se há 100 anos atrás era possível recorrer a uma tecnologia de RMA; sobre as tecnologias de RMA disponíveis na atualidade.</p> <p><b>Capacidades de PC:</b> Expressar uma posição e apresentar razões que a suportam.</p>  |
|         | <p><b>C5- Tomada de posição:</b> Qual deve ser a opção do casal – adoção ou RMA?</p>   | <p>Explicitar uma posição sobre qual deve ser a opção de um casal com problemas de infertilidade e apresentar, com clareza e precisão, razões que a sustentam, mobilizando, correta e adequadamente, conhecimento científico e matemático relevante.</p> <p><b>Capacidades de PC:</b> Decidir uma ação e argumentar – Apresentar a tese que se defende e as razões que a sustentam; Contra-argumentar – explicitar alternativas e refutá-las com base em razões racionais e não arbitrárias.</p> |

A implementação das atividades de aprendizagem ocorreu no contexto das aulas de ciências naturais. Assim e de acordo com a planificação elaborada, em diferentes aulas de aulas de ciências os alunos realizaram e discutiram as atividades de aprendizagem promotoras do pensamento crítico e do estabelecer de conexões entre ciências e matemática. Tais aulas foram organizadas em três momentos base: Apresentação da atividade aos alunos e entrega do respetivo guião; realização da atividade pelos alunos, respondendo, por escrito, às solicitações e questões constantes no respetivo guião; e síntese e avaliação do trabalho realizado. No decurso de tais momentos, o professor procurou potenciar o envolvimento cognitivo dos alunos mediante a formulação de questões incitativas do uso de capacidades de pensamento crítico, tais como: *Quais as palavras ou termos que precisam de clarificação quanto ao seu significado? Porquê?; Qual a tua opinião sobre [...]; O que poderá acontecer se [...]; A informação usada é válida para suportar a tese de que [...]*?

No final de cada aula, as atividades de aprendizagem foram recolhidas pelo professor como elemento integrante do processo de avaliação formativa e reguladora.

### 2.3. Recolha e análise de dados

Na recolha de dados recorreu-se à análise documental e à observação, enquanto técnicas (Tenbrink, 1984). Procedeu-se à análise documental das produções escritas dos alunos no âmbito da realização das atividades de aprendizagem, usando um instrumento de análise, construído para o efeito. Este inclui indicadores correspondendo cada um deles a uma capacidade de pensamento crítico a que se apela nas atividades, conforme explicitado no **Quadro 1**.

Este instrumento foi usado como uma lista de verificação assinalando-se, na produção escrita de cada aluno, a presença de mobilização da capacidade requerida para responder às solicitações e questões integrantes de cada atividade.

Com o propósito de obter informação que permitisse clarificar, aprofundar e compreender resultados obtidos, recorreu-se à técnica de observação, usando como instrumento de recolha de dados o diário do investigador (Bogdan e Biklen, 1994). Este inclui, de um modo geral, comentários acerca do que o investigador encontrou como sendo de registar (Anderson, 2000) na implementação das atividades de aprendizagem. Os registos efetuados contemplam descrições, reflexões e padrões que foram emergindo, os quais incidiram sobre reações dos alunos e interações ocorridas entre os alunos e entre estes e o professor.

154

Na análise dos dados recolhidos recorreu-se, sobretudo à análise de conteúdo, seguindo os procedimentos de análise referidos por Bardin (1991): descrição; interpretação e inferência. De um modo mais específico e tendo em consideração a definição prévia dos indicadores relativos a capacidades de pensamento crítico requeridas nas atividades de aprendizagem, em consonância com quadros de referência usados e já plasmados no instrumento de análise desenvolvido, numa primeira fase, a partir das produções dos alunos, procedeu-se à verificação da presença dos indicadores definidos nas respostas dos alunos. Para cada aluno foi construído um quadro de registo, no qual se assinalou, por questão de cada atividade, as respostas em que se evidenciou a mobilização dos conhecimentos e das capacidades em foco. Sequentemente procedeu-se à contagem das respostas que evidenciavam a mobilização dos conhecimentos e capacidades, por questão, tendo-se, em seguida, procedido ao cálculo de frequência, em percentagem, considerando o número de alunos que responderam e o número de alunos que evidenciaram terem mobilizado os conhecimentos e as capacidades requeridas nas questões integrantes de cada atividade.

Na segunda e terceira fases, foi feita a atribuição de significação dos aspetos registados na primeira fase, possibilitando inferir da mobilização de capacidades de pensamento crítico a que efetivamente se apelou. A análise dos registos descritivos e reflexivos anotados no diário do investigador fornecem elementos para ajudar a compreender e explicar os resultados obtidos relativamente à mobilização de capacidades de pensamento crítico em foco nas atividades de aprendizagem.

### 3. Resultados

Os resultados obtidos, decorrente da análise das produções escritas dos alunos em resposta às solicitações e questões integrantes das diferentes atividades de aprendizagem, são resumidos no quadro seguinte.

**Quadro 2. Número de respostas dos alunos que evidenciam mobilização das capacidades de pensamento crítico solicitadas, por atividade**

| Capacidades de PC                              | Atividades de aprendizagem |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |           |            |            |  |
|--|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|--|
|  | A1                         | A2         | A3         | B1         | B2         | B3         | B4         | B5         | B6         | C1         | C2         | C3        | C4         | C5         |  |
| Identificar uma questão                        | 18<br>(70)                 |            |            | 12<br>(46) | 14<br>(54) |            |            |            |            |            | 16<br>(62) |           |            |            |  |
| Apresentar razões para uma posição, opinião... |                            |            |            |            |            |            |            |            |            | 6<br>(23)  | 12<br>(46) | 8<br>(31) | 14<br>(54) | 16<br>(62) |  |
| Explicar e formular hipóteses explicativas     | 19<br>(73)                 | 15<br>(58) |            | 17<br>(65) | 12<br>(46) |            |            |            |            |            |            |           |            |            |  |
| Formular e justificar conjeturas               |                            |            |            | 19<br>(73) |            | 24<br>(92) |            |            |            | 17<br>(65) |            |           |            |            |  |
| Decidir uma ação e Argumentar                  |                            | 13<br>(50) | 20<br>(77) |            |            |            | 15<br>(58) | 21<br>(81) | 23<br>(88) |            |            |           |            |            |  |
| Contra-argumentar                              |                            |            | 14<br>(54) |            |            |            |            |            |            | 18<br>(69) |            |           |            |            |  |

Nota: Entre parêntesis encontra-se o valor em percentagem

Conforme quadro anterior, globalmente, os resultados obtidos apontam que para a generalidade das capacidades, a sua mobilização não ocorreu de forma gradual ao longo da implementação das atividades de aprendizagem em que uma dada capacidade foi requerida. Excetua-se caso da capacidade “Contra-argumentar”, a qual foi requerida no contexto de atividades de aprendizagem centradas na elaboração de um artigo de posição. Neste caso, constata-se ter havido um aumento na percentagem, da atividade A3 para a atividade B6, de respostas dos alunos que evidenciaram o uso desta capacidade. No âmbito destas mesmas atividades e no que reporta à capacidade de “decidir uma ação e Argumentar” também se observa um aumento na percentagem de respostas que evidenciam a mobilização desta capacidade de pensamento crítico. Portanto, última atividade em que os alunos foram

solicitados a escrever um artigo de posição, houve um maior número de respostas que denotaram que os alunos foram capazes de explicitar a tese que defendiam e enunciar razões válidas em suporte da mesma e de explicitar alternativas e refutá-las com base em razões racionais e não arbitrárias.

Para a capacidade de pensamento crítico “Formular e justificar conjecturas” constata-se que da primeira atividade (B1) para a segunda (B3) em que se apelou a esta capacidade, houve um maior número de respostas dos alunos a evidenciar a sua mobilização. No entanto, tal não aconteceu na terceira atividade (C1) em que foi requerida a mesma capacidade, registando-se, neste contexto, a percentagem mais baixa de respostas que denotam o uso da capacidade “Formular e justificar conjecturas”. Tendo por base a análise dos registos reflexivos feitos no diário do investigador, tal poderá decorrer do conhecimento científico e, em particular, do conhecimento matemático subjacente à atividade, relacionado com sequências e regularidades.

Tal configura-se também como explicação para a oscilação registada na percentagem de respostas dos alunos que evidenciam a mobilização da capacidade “Explicar e formular hipóteses explicativas” nas diferentes atividades em que sucessivamente a mesma foi requerida (atividades A1, A2, B1, B2). Com efeito e de acordo também com análise registos reflexivos feitos no diário do investigador, os alunos fizeram mais comentários e expressaram mais dúvidas e interrogações no contexto das atividades B1 e B2 do que no caso das atividades A1 e A2; por exemplo os alunos expressaram dúvidas e interrogações a propósito da informação apresentada na forma de gráficos de linhas nas atividades B1 e B2, sendo que tal não ocorrem no caso das primeiras atividades onde era apresentada informação na forma tabular e em gráfico de barras.

Para a capacidade “Apresentar razões para uma posição, opinião...” regista-se um aumento progressivo na percentagem de respostas que evidenciam a mobilização da mesma, excetuando o caso da atividade C3. Tal poderá decorrer do facto de a mesma envolver conhecimento acerca de determinadas tecnologias em conjugação com conhecimento acerca da natureza da ciência e da tecnologia.

Para a capacidade “identificar uma questão”, foi no contexto da primeira atividade (A1) em que se apelou à mesma que se registou uma percentagem mais elevada de respostas dos alunos evidenciando a sua mobilização. Uma provável explicação para tal reside no facto de haver um maior domínio dos alunos do conhecimento científico subjacente à mesma, relacionado com hábitos alimentares e implicações na saúde do ser humano. Da segunda atividade (B1) para a terceira (B2) constata-se um ligeiro aumento na percentagem de respostas dos alunos denotando a sua mobilização.

Tendo em consideração os registos reflexivos no diário do investigador é de referir comentários dos alunos, que progressivamente foram diminuindo, os quais expressam alguma admiração com o facto de as atividades envolverem conhecimento matemático. De facto, sobretudo no contexto das primeiras atividades implementadas, os alunos explicitaram comentários como “Mas, isto também é matemática”.

## Conclusões

Os resultados obtidos evidenciam uma melhoria progressiva considerável no uso de várias das capacidades de pensamento crítico dos alunos a que se apelou no contexto das atividades de aprendizagem desenvolvidas. Neste âmbito, destacam-se as capacidades “Decidir uma ação e Argumentar” e “Contra-argumentar” a que se apelou, simultaneamente, no contexto da elaboração de artigos de posição a propósito de questões socialmente relevantes e que envolvem conhecimentos de científicos.

No caso de algumas capacidades de pensamento crítico a que se apelou, de que são exemplo as capacidades “Formular e justificar conjecturas” e “Explicar e formular hipóteses explicativas”, se constatou não ser gradual a percentagem de respostas dos alunos que evidenciaram a mobilização das mesmas nas sucessivas atividades em que foram requeridas. Tal poderá decorrer do conhecimento científico e matemático subjacente, pois como refere Ennis (19787) os conhecimentos são essenciais para o pensamento crítico, pois não se pode esperar que alguém que seja ignorante num assunto, seja bom a fazer juízos de valor ou a formular hipóteses explicativas.

Decorrente dos resultados obtidos, o referencial usado configura-se como uma ajuda relevante, porquanto eficaz e fundamentada, no desenvolvimento de atividades de aprendizagem numa perspetiva de promoção da literacia científica dos alunos, potenciando o apelo a capacidades de pensamento crítico e o estabelecer de conexões das ciências com a matemática.

157

Tal afigura-se como fundamental, pois que, conforme tem sido insistentemente salientado em documentos de referência internacionais, a educação em ciências deve propiciar a cada cidadão o desenvolvimento das capacidades necessárias para viver e trabalhar, numa sociedade, o que implica e impõe que lhe sejam dadas oportunidade de desenvolver o pensamento crítico e o raciocínio científico que lhe permitirá tomar parte informada nas decisões e cursos de ação que afetam o seu bem-estar e o bem-estar da sociedade e do ambiente (Harlen, 2010; *International Council for Science*, 2011; Oates, 2010; Osborne e Dillon, 2008; Rocard *et al.*, 2007).

Neste quadro, será de considerar de grande relevância formativa para os professores a apropriação de referenciais teóricos e atividades de aprendizagem neles ancorados como ocorrido no contexto do estudo realizado. Tal poderá ajudar os professores a identificar e a operacionalizar mudanças efetivas e eficazes nas suas práticas didático-pedagógicas, almejando uma educação em ciências orientada para a melhoria da literacia científica dos alunos, potenciando a mobilização intrincada de capacidades de pensamento crítico e de conhecimentos.

## Referências bibliográficas

ANDERSON, G. (2000): *Fundamentals of educational research*, Londres, Falmer Press.

BARDIN, L. (1991): *Análise de conteúdo*, Lisboa, Edições 70.

BOGDAN, R. e BIKLEN, S. (1994): *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*, Porto, Porto Editora.

BOSSÉ, M. L., LEE, T. D., SWINSON, M. e FAULCONER, J. (2010): “The NCTM process tandards and the five Es of science: Connecting math and sciences”, *School Science and Mathematics*, vol. 110, n° 85, pp. 262-276.

COTTRELL, S. (2005): *Critical thinking skills*, London, Palgrave.

COUTINHO, C. (2011): *Metodologia de investigação em ciências sociais e humanas: Teoria e prática*, Coimbra, Almedina.

ENNIS, R. H. (1987): “A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities”, em J. B. Baron e R. J. Sternberg (eds.): *Teaching thinking skills: Theory and practice*, Nova York, W. H. Freeman and Company.

158 ESTEVES, L. (2008): *Visão Panorâmica da Investigação-Acção*, Porto, Porto Editora.?

HALPERN, D. F. (1996): *Thought and knowledge: An introduction to critical thinking*, Mahwah, Nova Jersey, Lawrence Erlbaum Associates.

HARLEN, W. (2010): *Principles and big ideas of science education*, Hatfield, Association for Science Education.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR SCIENCE (2011): *Report of the ICSU ad-hoc review panel on science*, Paris. Em: <http://www.icsu.org/publications/reports-and-reviews/external-review-of-icsu>.

LATORRE, A. (2003): *La investigación-acción - Conocer y cambiar lá práctica educativa*, Barcelona, Editorial GRAÓ.

LIN, S.-S. (2014): “Science and non-science undergraduate students’ critical thinking and argumentation performance in reading a science news report”, *International Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 12, pp. 1023–1046.?

MOREIRA, M. A. (2001): *A investigação-ação na formação reflexiva do professor estagiário de inglês*, Lisboa, Instituto de Inovação Educacional.

NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS (2007): *Princípios e Normas para a Matemática Escolar*, Lisboa, APM.



NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (1996): *National Science Education Standards*, Washington, DC, National Academy Press.

NOGUEIRA, S., TENREIRO-VIEIRA, C. e CABRITA, I. (2010): “Propostas didáticas potenciadoras de conexões entre Matemática e Ciências em contextos de educação formal e não formal - contributos do processo de validação”, em J. Matos, A. Domingos, C. Carvalho e P. C. Teixeira (eds.): *Actas do Encontro de Investigação em Educação Matemática* (EIEM 2010) “Comunicação no Ensino e na Aprendizagem da Matemática, Costa da Caparica, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Lisboa, 17-18 de Abril de 2010. ISSN: 2182-0023.

NORRIS, S. e ENNIS, R. H. (1989): *Evaluating critical thinking*. Pacific Grove, Critical Thinking Press & Software.

OATES, T. (2010): *Could do better: Using international comparisons to refine the national curriculum in England*. Em: <http://www.education.gov.uk/inthenews/inthenews/a0068191/could-do-better-analysis-of-international-curriculums-published>.

OSBORNE, J. e DILLON, J. (2008): *Science education in Europe: Critical reflections*, London, Nuffield Foundation. Em: [http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/Sci\\_Ed\\_in\\_Europe\\_Report\\_Final.pdf](http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/Sci_Ed_in_Europe_Report_Final.pdf).

ROCARD, M., CSERMELY, P., JORDE, D., LENZEN, D., WALBERG-HENRIKSSON, H. e HEMMO, V. (2007): *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*, Luxembourg, European Commission. Em: [http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf).

159

TENBRINK, T. (1984): *Evaluacion: guía practica para profesores*, Madrid, Narcea, S. A. de Ediciones.

TENREIRO VIEIRA, C. e VIEIRA, R. M. (2013). *Literacia e pensamento crítico: um referencial para a educação em ciências e em matemática*. *Revista Brasileira de Educação*, vol. 18, n° 52, pp. 183-242.

VIEIRA, R. M., TENREIRO-VIEIRA, C. e MARTINS, I. (2011): *Educação em ciências com orientação CTS*. Porto, Areal Editores.

VIEIRA, R. M. e TENREIRO-VIEIRA, C. (2014): “Fostering Scientific Literacy and Critical Thinking in Elementary Science Education”, *International Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 13, n° 61. Em: [http://link.springer.com/article/10.1007/s10763-014-9605-2?sa\\_campaign=email/event/articleAuthor/onlineFirst](http://link.springer.com/article/10.1007/s10763-014-9605-2?sa_campaign=email/event/articleAuthor/onlineFirst).

YORE, L. D. (2012): “Science literacy for all—More than a slogan, logo, or rally flag!”, em K. C. D. Tan e M. Kim (eds.): *Issues and challenges in science education research: Moving forward*, pp. 5–23, Dordrecht, Springer.

YORE, L. D., PIMM, D. e TUAN, H.-L. (2007): “The literacy component of mathematical and scientific literacy”, *International Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 5, pp. 559–589.