

OS SENSORES ELETRÓNICOS COMO INSTRUMENTOS PARA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL: ESTUDOS DE CASO NO ENSINO BÁSICO

SARA ABOIM

Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico do Porto, Portugal
inED - Centro de Investigação & Inovação em Educação
saraaboim@ese.ipp.pt

MARIA JOÃO SILVA

Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Lisboa, Portugal
inED - Centro de Investigação & Inovação em Educação, ESE/IPP
mjsilva@eselx.ipl.pt

RESUMO

Esta investigação pretendeu contribuir para a educação ambiental e científica de crianças com idades entre os 9 e os 12 anos de idade. O problema deste estudo centra-se em perceber se o desenvolvimento de atividades autênticas de exploração ambiental, com recurso aos sentidos e aos sensores eletrónicos, promovem a educação ambiental em crianças dessa faixa etária.

O estudo desenvolvido é do tipo qualitativo, baseado em quatro estudos de caso, com traços de investigação-ação. As professoras participantes conceberam situações formativas que integraram atividades autênticas de caracterização do meio e implementaram-nas, com os seus alunos, recorrendo ao trabalho experimental e ao uso conjunto de sentidos e sensores.

Após a análise dos resultados obtidos foi possível concluir que o uso dos sentidos e dos sensores constituíram uma estratégia importante para o desenvolvimento de atividades autênticas de caracterização ambiental. Os alunos desenvolveram diferentes práticas epistémicas (por exemplo, descrever, interpretar e relacionar) indicadoras do desenvolvimento do pensamento abstrato nas crianças. A análise sensorial de parâmetros ambientais permitiu uma maior

envolvência dos alunos com o ambiente e facilitou a posterior comparação dessas informações com os dados obtidos pelos sensores. As atividades autênticas com recurso aos sentidos e aos sensores constituíram assim uma estratégia de ensino-aprendizagem com potencialidades para promover a educação ambiental e científica das crianças.

Palavras-chave: educação ambiental; educação em ciências; sensores eletrônicos; atividades autênticas; pensamento abstrato

ABSTRACT

This research intended to contribute to environmental and science education of children aged between 9 and 12 years old. This study focuses on realizing if the development of authentic activities of environmental exploration, using the senses and electronic sensors, promotes environmental education in this age group.

This study is mostly qualitative, based on four case studies, with traces of research-action. Participating teachers have designed training situations that were part of authentic activities to characterize the environment and have implemented them, with their pupils, using the experimental work and the joint use of senses and sensors.

After analyzing the results, it was concluded that the use of the senses and sensors was an important strategy for the development of authentic activities of environmental characterization. Students have developed different epistemic practices (eg describing, interpreting and relating), which indicated the development of abstract thinking in children. Sensory analysis of environmental parameters allowed for greater involvement of students with the environment and facilitated the subsequent comparison of this information with data obtained by the sensors. Therefore, authentic activities, using the senses and sensors, have proved to be a teaching and learning strategy with potential to promote environmental and scientific education of children.

Keywords: environmental education; science education; electronic sensors; authentic activities; abstract thinking.

INTRODUÇÃO

A educação em ciências é fundamental no sentido de promover e difundir a literacia científica em todas as sociedades, para que se formem cidadãos com mais competências para tomar decisões, aplicando conhecimentos científicos (UNESCO, 1999). A educação em ciências, quando situada e interdisciplinar, pode constituir-se como educação ambiental (Wals, Brody, Dillon & Stevenson, 2014). A relação entre educação em ciências e educação ambiental torna-se urgente, uma vez que a natureza complexa dos atuais desafios de sustentabilidade

implicam a formação de cidadãos competentes para responder adequadamente a esses desafios (Wals et al., 2014). Essa formação deve iniciar-se logo nos primeiros anos de escolaridade, para que se crie desde cedo uma sensibilidade ambiental nas crianças (UNESCO, 1978). Neste contexto, o trabalho que aqui se apresenta situa-se no âmbito da educação científica e visa contribuir para a promoção da educação ambiental das crianças.

Os sentidos humanos constituem a primeira interface com o ambiente e podem ser considerados como sensores naturais que permitem avaliar parâmetros ambientais. Por sua vez, os sensores electrónicos são cada vez mais utilizados como extensões dos sentidos humanos e estão facilmente ao alcance dos indivíduos em diversas situações do quotidiano (Silva, Lopes, Silva & Marcelino, 2010). Tendo isto em consideração, pretende-se explorar de que forma os sensores electrónicos podem ser utilizados, em conjunto com os sentidos humanos, para promover a educação ambiental.

Este artigo apresenta um conjunto de quatro estudos de caso desenvolvidos com crianças entre os 9 e os 12 anos de idade. Estuda as potencialidades do uso dos sensores electrónicos, em articulação com os sentidos humanos, num conjunto de atividades autênticas que visam promover o desenvolvimento do pensamento abstrato, que se advoga como fundamental na educação científica e ambiental.

O presente documento está organizado em diferentes secções: a introdução, que inclui a contextualização e objetivo central do estudo; o enquadramento teórico, com os fundamentos que sustentam a investigação; a metodologia, onde são apresentadas e fundamentadas as opções metodológicas; a apresentação e discussão dos resultados obtidos e, por fim, explanam-se as principais conclusões.

ENQUADRAMENTO TEÓRICO

As sociedades atuais deparam-se com crescentes desafios ambientais, considerando-se que a criação de sinergias entre educação em ciências e educação ambiental constitui uma oportunidade para responder a esses desafios (Wals et al., 2014). A ligação entre a educação em ciências e a educação ambiental tem sido reconhecida como muito relevante por diferentes organismos de investigação e educação, já que as competências científicas dos indivíduos vão estar diretamente relacionadas com as competências dos mesmos para compreender e interagir com o ambiente que os rodeia (Gonçalves, Pereira, Azeiteiro & Pereira, 2007; Wals et al, 2014).

A educação em ciências pretende que a criança desenvolva diferentes competências que lhe permitam compreender o mundo. Essas competências podem ser de índole conceptual, procedimental ou epistémicas (Galvão, Reis, Freire & Almeida, 2006; OCDE, 2013; Osborne & Dillon, 2008; Pereira, 1992; Sá & Varela, 2004). Uma prática epistémica pode ser entendida como o trabalho

desenvolvido pelo aluno na construção do conhecimento científico, tendo em conta a atividade que é desenvolvida pelos cientistas (Lopes et al., 2009). São exemplo de práticas epistêmicas: observar, descrever, formular hipóteses, criar representações, relacionar previsões com resultados (Saraiva, Lopes, Cravino & Santos, 2012). A educação ambiental é igualmente um processo complexo de aprendizagem que aumenta o conhecimento e a consciência sobre o ambiente e que ambiciona desenvolver competências como o pensamento crítico, a resolução de problemas, e a adoção de atitudes de tomada de decisão e participação (Stapp, Wals & Stankorb, 1969). A educação em ciências e a educação ambiental têm assim objetivos e linhas de ação comuns, pelo que é necessária uma abordagem contextual e interdisciplinar integradora (Littledyke, 2006; Wals et al., 2014).

A educação ambiental, à semelhança da educação em ciências, deve constituir um processo ao longo da vida, iniciando-se na educação pré-escolar e continuando nos níveis de ensino que se seguem, e ocorre numa grande variedade de contextos formais, como a escola, e não formais, como os clubes do ambiente (UNESCO, 1978; Littledyke, 2006; Worth, 2010).

Na Conferência Intergovernamental de Educação Ambiental, promovida pela UNESCO, em 1977, enunciavam-se como princípios orientadores da educação ambiental a necessidade de os alunos serem capazes de descobrir os sintomas e as causas reais dos problemas ambientais, de tomarem consciência da complexidade desses problemas ambientais e da necessidade de desenvolverem o pensamento crítico e competências de resolução de problemas. Em Portugal, em 1986, é integrada a educação ambiental nas escolas, e em 1996/97 surge o programa Eco-Escolas, ainda em vigor, onde se pretende promover uma maior consciencialização para os problemas ambientais salientando-se a importância da adoção de hábitos sustentáveis para uma maior sustentabilidade da Terra (Pereira, 2009). Atualmente, as metas curriculares definidas para as Ciências da Natureza do 2.º Ciclo do Ensino Básico, pelo Ministério de Educação e Ciência (2013), apontam para a importância da Educação Ambiental: “Referir três atividades antrópicas que contribuem para a poluição do ar; Sugerir cinco medidas que contribuem para a preservação de um índice elevado de qualidade do ar; Propor medidas que visem promover a biodiversidade vegetal; Concluir acerca da importância da proteção da biodiversidade vegetal” (p. 4 a 6). Relativamente ao 1.º Ciclo do Ensino Básico, não foram definidas metas curriculares para a área de Estudo do Meio, sendo de referir o anterior documento orientador, Currículo Nacional do Ensino Básico (Ministério de Educação, 2001), onde é possível verificar a existência de competências relativas à educação ambiental: “Reconhecimento que os desequilíbrios podem levar ao esgotamento de recursos, à extinção das espécies e à destruição do ambiente” (p.83), e o programa de Estudo do Meio do 1º Ciclo do Ensino Básico que refere “devem promover-se atitudes relacionadas com a conservação e melhoria do ambiente, o uso racional

dos recursos naturais, assim como de uma participação esclarecida e activa na resolução de problemas ambientais” (Ministério da Educação, 2004, p. 127).

Para promover a educação ambiental são reconhecidas três abordagens distintas: educação sobre o ambiente, onde prevalece o conhecimento sobre o ambiente e em que os alunos estudam contextos naturais distantes; educação através do ambiente, onde se enfatizam as experiências dos alunos num determinado ambiente; e a educação para o ambiente, que se baseia nas ações e se foca na mudança social e de valores (Grange, 2004). A educação ambiental através do ambiente e para o ambiente constituem abordagens situadas, em que os alunos podem vivenciar os diferentes contextos ambientais onde estão inseridos.

Para esta abordagem situada da educação ambiental, os sentidos humanos e as tecnologias de informação e comunicação (TIC) podem ter um papel importante (Silva, Lopes, & Silva, 2013). As TIC têm constituído importantes ferramentas para melhorar a interação entre a ciência, a educação e o ambiente (Wals et al., 2014). A utilização das TIC permite adquirir e partilhar dados fundamentais para a investigação ambiental e simultaneamente empoderar os cidadãos no que se refere à participação em debates sobre problemas ambientais locais e globais, refletindo sobre o que é necessário fazer para os resolver (Wals et al., 2014). A utilização de sensores electrónicos tem sido uma prática em ascensão nos últimos anos e vários autores consideram que estes dispositivos móveis de registo de dados são potenciadores das aprendizagens dos alunos (Fenton, 2008; Silva, Lopes, & Silva, 2013). Particularmente, no ensino das ciências, o uso de sensores permite adquirir, interpretar e representar informação ambiental (Silva, Lopes & Barbot, 2013; Silva, Lopes, & Silva, 2013). Os sensores também revelam ser ferramentas muito importantes quando utilizados como extensões dos sentidos humanos na caracterização de diferentes parâmetros ambientais, já que permitem que as crianças estabeleçam comparações entre os dados sensoriais e os dados fornecidos pelos sensores, e dessa forma compreendam melhor a realidade que as rodeia (Magnani, 2004; Silva, 2012; Silva, Lopes, & Silva, 2013). Na mesma linha de pensamento, é necessário reconhecer as potencialidades dos atuais telemóveis dotados com sensores que permitem analisar o ambiente natural, já que constituem ferramentas ao alcance dos cidadãos que lhes permite uma maior familiarização com o ambiente (Silva, Lopes, Silva, & Marcelino, 2010), o que potencia a adoção de comportamentos coletivos mais críticos e proativos em relação aos desafios ambientais (Foth, Paulos, Satchell & Dourish, 2009).

O estudo que aqui se apresenta baseia-se na abordagem da educação através do ambiente, em que, nas atividades autênticas desenhadas para os alunos, é dada particular importância ao uso dos sentidos, como primeira interface que as crianças têm com o ambiente, e aos sensores, como ferramentas potenciadoras da exploração quantitativa de parâmetros ambientais. Os trabalhos desenvolvidos por Silva, Lopes e Barbot (2013) e Silva, Lopes e Silva, (2013) constatarem que o uso dos sentidos e dos sensores em atividades autênticas de caracterização

ambiental promovem o desenvolvimento de práticas epistêmicas nos alunos.

As atividades autênticas apresentam diversas características, nomeadamente, são atividades de pesquisa que implicam o raciocínio científico, que contemplam a resolução de problemas reais, e que requerem a utilização de variados recursos, de que são exemplo os sensores electrónicos (Chinn & Malhotra, 2002; Reeves, Herrington & Oliver, 2002; Herrington, 2006; Lombardi, 2007). No desenvolvimento de atividades autênticas pretende-se que o aluno assuma o papel de agente principal no processo de aprendizagem, construindo conceitos com significado (Knobloch, 2003; Gulikers, Bastiaens & Kirschner, 2006; Lombardi, 2007). Este envolvimento ativo e motivador do aluno no processo de aprendizagem implica muitas vezes a mediação do professor, já que a resolução de problemas e a análise de informação são atividades complexas que implicam abstração (Lombardi, 2007; Silva, Lopes & Barbot, 2013).

Pelo exposto, é expectável que a aposta em atividades autênticas possa constituir uma boa estratégia de ensino-aprendizagem para a promoção da educação ambiental: através da análise de diferentes parâmetros ambientais, com recurso aos sentidos e aos sensores, poder-se-á promover o raciocínio científico que se traduz em práticas epistêmicas que podem ser observáveis e indicadoras do desenvolvimento de formas de pensamento mais complexas.

METODOLOGIA

Nesta investigação apresenta-se um estudo multi-casos (Cohen, Manion & Morrison, 2007), que reúne quatro estudos de caso, com características de investigação-ação (Tuckman, 2001). Os estudos de caso foram desenvolvidos no contexto da atividade docente de quatro professoras titulares do 1.º e 2.º Ciclos do Ensino Básico. Para cada estudo de caso foi desenvolvida uma situação formativa (SF), que contempla diferentes tarefas. A situação formativa é "(...) uma modelização didática que tem de considerar os saberes disponíveis dos alunos, de dar reais oportunidades aos alunos para tomarem a iniciativa, de criar um ambiente que permita ao aluno que aprenda de forma progressiva e sustentada e use esse conhecimento." (Lopes, 2004, p. 164). As professoras participantes organizaram as sequências didáticas tendo por base o modelo de situação formativa, já que se pretendia que as tarefas envolvessem o aluno ativamente, permitindo que este questionasse, problematizasse, mobilizasse saberes, relativamente a uma determinada situação científica, tendo o professor o papel de mediação no processo de aprendizagem dos alunos. Foi assim implementado, com os alunos, um conjunto de atividades autênticas de caracterização do meio (condições de germinação, qualidade da água, biodiversidade e salinidade da água), recorrendo ao trabalho experimental e ao uso conjunto de sentidos (visão, olfato, paladar, tato e sentido da temperatura) e sensores (luminosidade, temperatura, turvação, microscópio digital, condutividade). Na **Tabela 1** encontra-se a caracterização sumária dos estudos de caso.

O problema de investigação pode ser apresentado através da seguinte questão: O desenvolvimento de atividades autênticas de exploração ambiental, com recurso aos sentidos e aos sensores eletrônicos, promovem a educação ambiental em crianças com idades compreendidas entre os 9 e os 12 anos de idade?

Pretendeu-se desenvolver estratégias que fomentem o interesse e o envolvimento dos alunos na Ciência e no Ambiente. Foi também objetivo implementar atividades autênticas em que se estimule a interação dos alunos com o meio ambiente, de forma a promover a sua caracterização com significação de conceitos abstratos.

Tabela 1: Caracterização dos quatro estudos de caso

Estudo de caso	Participantes	Questão-problema	Sentidos	Sensores
EC1: Germinação de sementes	Professora Alunos do 6º ano	Explorando os sensores de luminosidade e temperatura – O que me dizem os sentidos?	Tato/ sentido da temperatura Visão	Sensor de luminosidade (Pasco - 2106) Sensor de temperatura (Pasco PS – 2124)
EC2: Qualidade de água para consumo	Professora Alunos do 5º ano	Relativamente à turvação, podemos considerar estas águas próprias para consumo?	Olfato Visão	Sensor de turvação (Pasco PS – 2112)
EC3: Complexidade do conceito de ser vivo e de biodiversidade	Professora Alunos do 4ºano	Como são constituídos os seres vivos?	Visão	Microscópio digital (Discovery USB Microscope, Deluxemodell - Veho® ROHS) Microscópio ótico composto
EC4: Estudo de uma grandeza física – a salinidade da água	Professora Alunos do 6ºano	Qual a importância do uso de sensores no estudo da variação da salinidade / condutividade de uma solução?	Paladar Visão	Sensor de condutividade (Pasco - 2116)

Relativamente às técnicas de recolha de dados utilizadas, importa referir que a recolha de dados se baseou em: gravações áudio das aulas; trabalhos efetuados pelos alunos, como por exemplo preenchimento das cartas de planificação; registo fotográfico do decorrer das atividades experimentais. As narrações multimodais (NM) foram utilizadas como instrumentos de recolha de dados, mas também de organização e apresentação dos mesmos (Lopes et al., 2010). Uma NM descreve com detalhe as ações que ocorrem na sala de aula, está organizada por episódios e apresenta diferentes tipos de dados. (Lopes et al., 2010).

Uma vez elaboradas as NM de cada estudo de caso, foi necessário analisar o seu conteúdo, definindo-se para isso, as categorias de análise das narrações multimodais. As categorias de análise definidas nesta investigação foram dez práticas epistémicas (PE): PE1 – descrever; PE2 – formular questões; PE3 – fazer estimativas/previsões; PE4 – usar sensores; PE5 – interpretar; PE6 – controlar variáveis; PE7 – formular hipóteses; PE8 – organizar informação; PE9 – criar representações; PE10 – relacionar.

RESULTADOS

Em cada estudo de caso, foram implementadas atividades autênticas com recurso aos sentidos e aos sensores para exploração de diferentes parâmetros ambientais. Os sensores foram selecionados de acordo com o fenómeno e as grandezas ambientais em estudo. As crianças utilizaram, no EC1, o sensor de luminosidade e de temperatura; no EC2, o sensor de turvação; no EC3, o microscópio digital e o microscópio ótico composto e no EC4, o sensor de condutividade. Os sentidos foram utilizados pelas crianças para explorar e controlar as condições mais adequadas para usar os sensores, nomeadamente, a visão e o tato/sentido da temperatura, no EC1; a visão e o olfato, no EC2; a visão, no EC3 e o paladar e a visão no EC4 (ver Tabela 1).

As crianças iniciaram as atividades autênticas através do uso dos sentidos e posterior recurso aos sensores no processo de caracterização das grandezas do meio. Desta forma, conseguiram, numa primeira fase em que recorriam aos sentidos, uma maior familiarização com o fenómeno natural em estudo, e numa segunda fase em que recorriam aos sensores, completar as informações fornecidas pelos órgãos dos sentidos. No EC1, para identificar os locais da sala de aula que apresentavam mais ou menos luz e maior ou menor temperatura, os alunos movimentaram-se pela sala de aula, posicionando-se nos diferentes locais, referenciando os locais que apresentavam temperaturas mais elevadas e mais baixas (recorrendo ao tato e sentido da temperatura) e os locais que apresentavam maior e menor luminosidade (recorrendo à visão). Foi nesses locais que os sensores selecionados foram usados pelas crianças.

No EC2, para caracterizar sensorialmente as diferentes amostras de água, os alunos procuraram o melhor ângulo de visão para efetuarem as observações, manuseando os gobelés de forma a obterem uma boa iluminação e visualização

dos mesmos. Posteriormente recorreram ao turbidímetro para analisarem a turvação das diferentes amostras de água, manuseando-o com as devidas precauções.

No EC3, os alunos inicialmente observaram a olho nu a preparação da epiderme da túnica da cebola, e a preparação do epitélio bucal. Posteriormente, observaram essas mesmas preparações ao MOC e microscópio digital, usando diferentes ampliações, conseguindo desta forma identificar as unidades constituintes de cada um dos tecidos observados, as células, o que não tinha sido possível apenas pela observação das preparações a olho nu.

No EC4, os alunos analisaram sensorialmente três amostras de água com sal, classificando-as segundo uma escala de intensidade de sabor salgado. Posteriormente, recorreram ao sensor de condutividade para analisar a condutividade de cada uma dessas amostras, procurando estabelecer a relação entre os valores de condutividade obtidos e a quantidade de sal dissolvida.

As atividades desenvolvidas permitiram que as crianças prestassem maior atenção aos seus sentidos, percebendo que estes são a primeira fonte de captação de informações ambientais. Os sentidos foram utilizados para análise de diferentes objetos e fenómenos ambientais em diversas situações, no sentido de promover uma maior familiarização com esses objetos ou fenómenos em concreto. Apesar da evidente falta de prática das crianças, no uso dos sentidos para análise ambiental, foi notória a motivação e empenho demonstrados na realização das atividades que implicavam o uso dos sentidos. Na Tabela 2, estão exemplificadas situações de uso dos sensores, como extensões dos sentidos humanos, ocorridas no EC1.

Tabela 2: Exemplo do uso dos sensores, como extensões dos sentidos humanos, ocorridas no EC1

Estudo de caso (EC)	Exemplos
EC1	<div data-bbox="409 1171 1083 1258" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>c) Descreve o que sente a tua pele?</p> <p><i>a minha pele sente calor na sala e no frigorífico sente frio</i></p> </div> <p data-bbox="418 1280 1073 1308">Descrição realizada por um aluno sobre o que sente a sua pele</p> <div data-bbox="418 1378 1073 1504" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>e) Regista os locais onde se registou o valor máximo e mínimo de temperatura.</p> <p>Valor máximo: <i>25</i> °C – Local: <i>janela (sala)</i></p> <p>Valor mínimo: <i>-18</i> °C – Local: <i>congelador</i></p> </div> <p data-bbox="418 1522 1073 1578">Registo dos valores máximo e mínimo registados pelo sensor de temperatura e identificação do respetivo local.</p>

No que concerne ao uso dos sensores, verificou-se que as crianças foram capazes de manusear corretamente os sensores para explorar quantitativamente múltiplas informações ambientais. Os dados fornecidos pelos sensores permitiram que as crianças complementassem as informações sensoriais recolhidas previamente. No EC1, os alunos recorreram aos sensores de temperatura e luminosidade para pesquisarem os locais da sala de aula que apresentavam mais ou menos luz e maior ou menor temperatura. Manusearam os sensores, colocando-os em diferentes pontos da sala de aula (perto da janela, longe da janela, dentro do armário, dentro do frigorífico...), e analisaram os valores registados pelos sensores. Para análise da qualidade da água para consumo de diferentes amostras de água relativamente ao parâmetro da turvação (EC2), as crianças utilizaram o sensor de turvação. Após as análises com os sensores (EC1 e EC2), os alunos compararam esses dados com a análise sensorial previamente realizada. No EC3, recorrendo ao microscópio ótico composto e ao microscópio digital os alunos foram capazes de observar células da epiderme da túnica da cebola, que não tinham conseguido observar à vista desarmada. No EC4, as crianças relacionaram os dados adquiridos pelo condutivímetro com as informações resultantes da análise sensorial. Sabendo que, quanto maior a salinidade maior o valor de condutividade, através da análise dos valores de condutividade registados pelo sensor nas diferentes amostras, as crianças inferiram qual das amostras apresentava maior salinidade. As atividades autênticas implementadas nos diferentes EC permitiram que as crianças pudessem usar os sensores para continuar a exploração de grandezas ambientais, complementando o que lhes tinha sido possível observar usando apenas os sentidos.

O estabelecimento de relações entre dados sensoriais e dados obtidos pelos sensores sensibilizou as crianças para a complementaridade entre os dois conjuntos de dados, e poderá potenciar um melhor uso dos sentidos em futuras explorações ambiental.

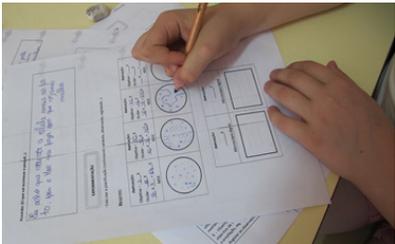
As experiências multissensoriais prévias das crianças apoiaram a interpretação dos dados fornecidos pelos sensores, estabelecendo-se ligações entre o concreto e o abstrato. Através das vivências sensoriais as crianças familiarizaram-se com as respetivas questões-problema e com os ambientes de cada EC, de uma forma corporizada e, portanto, concreta. Desta forma, foi mais fácil o uso dos sensores e a posterior significação dos dados mais abstratos e precisos fornecidos pelos mesmos, como se encontra exemplificado na Tabela 3.

As atividades autênticas desenvolvidas nos quatro estudos de caso, permitiram o desenvolvimento das práticas epistémicas definidas. A análise das narrações multimodais dos episódios de uso dos sensores permitiu contabilizar as práticas epistémicas e verificar que as mais frequentes foram: descrever (PE1), fazer estimativas/previsões (PE3), usar sensores (PE4), interpretar (PE5), organizar informação (PE8) e relacionar (PE10). Da mesma forma, foi possível verificar que as PE que ocorreram com menor frequência foram: formular questões (PE2),

controlar variáveis (PE6), formular hipóteses (PE7), e criar representações (PE9).

O uso dos sentidos foi particularmente notório na descrição de conceitos e fenómenos (PE1); na realização de estimativas/previsões (PE3); na interpretação de dados (PE5); e no estabelecer de relações (PE10).

Tabela 3: Exemplos da ligação entre os dados sensoriais, mais concretos, com os dados fornecidos pelos sensores, mais abstratos.

Estudo de caso (EC)	Exemplos
<p>EC3</p>	<p>Os alunos começaram por observar a olho nu as preparações feitas com a epiderme da túnica da cebola e com o epitélio bucal, mas não efetuaram qualquer registo dessas mesmas observações. Posteriormente recorreram ao MOC e microscópio digital para observarem essas mesmas preparações.</p>  <p>Aluno a observar células do epitélio bucal, ao MOC</p> <p>O uso do MOC e do microscópio digital permitiu trabalhar o conceito de célula enquanto constituinte de todos os seres vivos, e permitiu que os alunos desenvolvessem competências de observação e de desenho das mesmas células com diferentes ampliações.</p>  <p>Registo efetuado por um aluno relativo às células do epitélio bucal observadas ao MOC.</p>

Estudo de caso (EC)	Exemplos (continuação)																																
EC4	<p>Os alunos classificaram três soluções salinas segundo uma escala de intensidade do sabor salgado fornecida. Para isso, provaram cada uma dessas soluções, mastigando um pouco de pão para que não houvesse influência de sabor da solução provada, para a solução seguinte.</p> <p><i>EXPERIMENTAÇÃO</i> <small>Elaborar e identificar considerando variáveis, observando, registando...1</small> <small>7º - QUANTIDADE E QUANTIDADE SOLUÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE SOLUÇÃO E SABOR SALGADO E SALGADINHO</small></p> <table border="1" data-bbox="434 351 973 406"> <thead> <tr> <th>RECIPIENTES</th> <th>VOLUME DE ÁGUA (ml)</th> <th>MASSA DE SAL (g)</th> <th>INTENSIDADE DO SABOR SALGADO (1 a 5)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>200</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>200</td> <td>1,5</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>200</td> <td>2</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>APÓS A EXPERIMENTAÇÃO</i></p> <p><i>Verificação oral:</i> Não achamos a linha baixa intensidade de sabor salgado, pois, depois de provar salgado A, B e C, para não sentir semelhante e com mais intensidade de sabor salgado, foi isso, coloquei 4 nos dois.</p> <p><i>Resposta à questão-problema e conclusão:</i> A quantidade de sal dissolvido influencia muito no sabor, porque quanto mais a quantidade de sal dissolvida mais salgado é. Sem todos sentimos o sabor salgado da mesma forma.</p> <p>Classificação das amostras salinas quanto à intensidade de sabor salgado</p> <p>Através do sensor de condutividade, os alunos mediram os valores de condutividade de cada uma das amostras salinas que tinham caracterizado previamente relativamente à intensidade de sabor salgado.</p> <p>Manuseamento do sensor de condutividade por um aluno - EC4</p>  <table border="1" data-bbox="407 1118 1052 1302"> <thead> <tr> <th>RECIPIENTES</th> <th>VOLUME DE ÁGUA (ml)</th> <th>MASSA DE SAL (g)</th> <th>CONDUTIVIDADE ($\mu\text{S/cm}$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>200 ml</td> <td>1 g</td> <td>10059 $\mu\text{S/cm}$</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>200 ml</td> <td>1,5 g</td> <td>13672 $\mu\text{S/cm}$</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>200 ml</td> <td>2 g</td> <td>16602 $\mu\text{S/cm}$</td> </tr> </tbody> </table> <p>Registo dos valores de condutividade para cada uma das soluções salinas</p>	RECIPIENTES	VOLUME DE ÁGUA (ml)	MASSA DE SAL (g)	INTENSIDADE DO SABOR SALGADO (1 a 5)	A	200	1	2	B	200	1,5	3	C	200	2	4	RECIPIENTES	VOLUME DE ÁGUA (ml)	MASSA DE SAL (g)	CONDUTIVIDADE ($\mu\text{S/cm}$)	A	200 ml	1 g	10059 $\mu\text{S/cm}$	B	200 ml	1,5 g	13672 $\mu\text{S/cm}$	C	200 ml	2 g	16602 $\mu\text{S/cm}$
	RECIPIENTES	VOLUME DE ÁGUA (ml)	MASSA DE SAL (g)	INTENSIDADE DO SABOR SALGADO (1 a 5)																													
A	200	1	2																														
B	200	1,5	3																														
C	200	2	4																														
RECIPIENTES	VOLUME DE ÁGUA (ml)	MASSA DE SAL (g)	CONDUTIVIDADE ($\mu\text{S/cm}$)																														
A	200 ml	1 g	10059 $\mu\text{S/cm}$																														
B	200 ml	1,5 g	13672 $\mu\text{S/cm}$																														
C	200 ml	2 g	16602 $\mu\text{S/cm}$																														

Os sensores foram usados em todos os estudos de caso, e contribuíram para o desenvolvimento de práticas epistémicas como descrever (PE1); usar sensores (PE4); interpretar (PE5); controlar variáveis (PE6); organizar informação (PE8); criar representações (PE9); e relacionar (PE10).

Pela análise da ocorrência de algumas PE mais complexas como interpretar (PE5), formular hipóteses (PE7), criar representações (PE9), e relacionar (PE10),

é possível constatar que ocorreu o desenvolvimento do pensamento abstrato pelas crianças. As professoras conseguiram que os alunos estabelecessem pontes entre as análises sensoriais, mais concretas, e as análises com os sensores, mais abstratas, dos fenômenos em estudos.

Na Tabela 4 é possível analisar alguns exemplos das PE desenvolvidas, recorrendo aos sentidos e aos sensores.

Tabela 4: Exemplos de PE desenvolvidas pelas crianças recorrendo aos sentidos e aos sensores.

Exemplos de PE desenvolvidas nos EC	
Sentidos	<p>descrever (PE1) - “Com febre a temperatura do nosso corpo sobe, se entrarmos em hipotermia desce” (EC1);</p> <p>realização de estimativas/previsões (PE3) - “Na sala estão 15°C, no armário 10°C e no frigorífico -7°C” (EC1)</p> <p>interpretar (PE5) - “Acho que não reparámos na mudança de sabor. Acho que é por isso que temos aqui o sensor. A diferença de meia grama e de uma grama não é muita.”(EC4)</p> <p>relacionar (PE10) - “A quantidade de sal dissolvido influencia muito no sabor, porque quanto maior a quantidade de sal dissolvida mais salgado fica”. (EC4)</p>
Sensores	<p>descrever (PE1) e interpretar (PE5)– “Ó professora tinha ali (no sensor) uma onda do mar, portanto tem que ser água salgada, supostamente”. (EC4)</p> <p>usar sensores (PE4) – quando os alunos realizam observações, usando o microscópio digital (EC3)</p> <p>controlar variáveis (PE6) - “Os alunos calcularam a nova ampliação total e registaram na carta de planificação”. (EC3)</p> <p>organizar informação (PE8) - quando os alunos registam na tabela da carta de planificação os valores de turvação fornecidos pelo sensor de turvação (EC2)</p> <p>criar representações (PE9) - quando os alunos elaboram desenhos representativos das células da epiderme da túnica da cebola observados ao MOC e microscópio digital (EC3)</p> <p>relacionar (PE10) - “À medida que se iam obtendo os resultados os alunos automaticamente iam confrontando os valores com as previsões que tinham feito”. (EC2)</p>

Importa ainda referir que, para o desenvolvimento das atividades autênticas, foi fundamental a ação mediadora das professoras, nomeadamente no que se refere ao uso conjunto dos sentidos e dos sensores. A mediação docente promoveu o desenvolvimento de práticas epistémicas pelos alunos, enquanto pesquisavam para responder às questões-problema. Esta mediação ocorreu de forma direta, na interação com as crianças, e de forma indireta, através de mediadores epistémicos, como as cartas de planificação e as fichas de trabalho. A mediação docente

foi muito necessária para o uso dos sensores, uma vez que a maioria dos alunos nunca os tinha usado. As professoras orientaram os alunos neste processo, explicando para que serviam os sensores e como se manuseavam. Na interação direta com as crianças, saliente-se a importância da formulação de questões pelas professoras. Este processo estimulou a partilha de ideias e valorizou o pensamento dos alunos.

CONCLUSÃO

O trabalho de investigação que aqui se apresentou procurou contribuir simultaneamente para a educação em ciências e para a educação ambiental das crianças com idades compreendidas entre os 9 e os 12 anos. Sabendo que é necessário e fundamental investir nestas áreas da educação, procurou-se perceber se o desenvolvimento de atividades autênticas de exploração ambiental, com recurso aos sentidos e aos sensores, promove a educação ambiental.

Foram desenvolvidos quatro estudos de caso que abordaram diferentes temáticas curriculares, tendo os sentidos e sensores sido utilizados na exploração ambiental, visando dar resposta às respetivas questões-problema.

Nestes estudos de caso, os sentidos constituíram a primeira interface entre os alunos e o ambiente. A análise sensorial das diferentes grandezas ambientais permitiu uma maior familiarização das crianças com os fenómenos naturais. Através dos sentidos os alunos recolheram informações ambientais que posteriormente complementaram com recurso aos sensores.

Os alunos foram capazes de comparar os dados sensoriais com os dados fornecidos pelos sensores, desenvolvendo competências de descrição e análise comparativa, interpretação de dados, e relacionamento de informação. O uso de sensores permitiu o desenvolvimento de Práticas Epistémicas (PE) (Lopes et al., 2009), ou seja, ações de construção de conhecimento científico como: manipular objetos com rigor, comparar dados, interpretar e registar informação ambiental, e relacionar.

A dinâmica uso dos sentidos e posterior uso dos sensores na abordagem a elementos e grandezas ambientais complexas, como temperatura e luminosidade (EC1), turvação (EC2), célula (EC3) e salinidade (EC4), desencadeou um processo de significação desses conceitos pelas crianças. As vivências sensoriais (corporizadas) com os ambientes constituíram uma base concreta, facilitadora do uso dos sensores e da posterior significação dos dados mais precisos, mas também mais abstratos fornecidos pelos sensores.

As atividades autênticas, com uso conjunto dos sentidos e sensores, mediadas pelas professoras, favoreceram o desenvolvimento de práticas epistémicas e, portanto, do pensamento abstrato nas crianças. Com o desenvolvimento das atividades autênticas, os alunos desenvolveram práticas epistémicas. Destacam-se pelo número elevado de ocorrências, a PE1 – Descrever, a PE5 – Interpretar e a PE10 – Relacionar. As PE menos frequentes nos estudos de caso foram a PE2

– Formular questões, a PE6 – Controlar variáveis, a PE7 – Formular hipóteses e a PE9 – Criar representações.

As atividades autênticas realizadas estimularam a interação das crianças com o ambiente, proporcionando uma maior sensibilização em relação ao mesmo, ao mesmo tempo que facilitaram a aquisição e significação, pelas crianças, de informação relativa a diferentes grandezas ambientais. Em suma, o trabalho desenvolvido mostra evidências de que a educação em ciências e a educação ambiental podem ser conjuntamente promovidas através das atividades autênticas com recurso aos sentidos e aos sensores.

REFERÊNCIAS

- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86, 175-218.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education* (6.ª ed.). London: Routledge.
- Fenton, M. (2008). Authentic learning using mobile sensor technology with reflections on the state of science education in New Zealand.
- Foth, M., Paulos, E., Satchell, C. & Dourish, P. (2009). Pervasive Computing and Environmental Sustainability: Two Conference Workshops. *Pervasive Computing*, 8(1), 78-81.
- Galvão, C., Reis, P., Freire, A., Oliveira, T. (2006). *Avaliação de Competências em Ciências*. Porto: Edições Asa.
- Gonçalves, F. Pereira, R., Azeiteiro, U., & Pereira, M. (2007). *Atividades práticas em Ciência e Educação Ambiental*. Lisboa. Editorial: Instituto Piaget.
- Grange, L. (2004). Embodiment, social praxis and environmental education: some thoughts. *Environmental Education research*, 10, 3, 387-399.
- Gulikers, J. T., Bastiaens, T. J., & Kirschner, P. A. (2006). Authentic assessment, student and teacher perceptions: the practical value of the five dimensional-framework. *Journal of Vocational Education and Training*, 58, 337-357.
- Herrington, J. (2006). Authentic e-learning in higher education: Design principles for authentic learning environments and tasks. Paper apresentado na Conferência Mundial E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education, Wollongong.
- Knobloch, N. A. (2003). Is experiential learning authentic? *Journal of Agricultural Education*, 44(4), 22-34.
- Littlelike, M. (2006). Science education for environmental awareness: approaches to integrating cognitive and affective domains. In: *Proceedings of the 2006 Naxos International Conference on Sustainable Management and Development of Mountainous and Island Areas*, 254-268.
- Lombardi, M. M. (2007). Authentic learning for the 21st century: An overview. *Educause learning initiative*, 1(2007), 1-12.

- Lopes, B. J. (2004). *Aprender e Ensinar Física*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Lopes, B. J., Cravino, J. P., Silva, A. A., Tavares, A., Cunha, A. E., Pinto, A., ... Branco, J. (2009). Como promover práticas epistémicas na sala de aula – Ferramenta de ajuda à mediação (5 de 5).
- Lopes, B. J., Silva, A. A., Cravino, J. P., Viegas, C., Cunha, A. E., Saraiva, E., ... Santos, C. A. (2010). *Investigação sobre a Mediação de professores de Ciências Físicas em sala de aula*. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Magnani, L. (2004). Reasoning through doing. Epistemic mediators in scientific discovery. *Journal of Applied Logic*, 2(4), 439 – 450.
- Ministério da Educação. (2001). *Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências essenciais*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Ministério da Educação (2004). *Organização Curricular e Programas, 1º Ciclo*. Lisboa: Departamento da Educação Básica.
- Ministério da Educação e Ciência – Direção Geral da Educação. (2013). *Metas curriculares – Ensino Básico: Ciências Naturais*. Lisboa: DGE
- Organização para o Desenvolvimento e Cooperação Económico (OCDE). (2013). *PISA 2015 – Draft Science Framework*. Acedido em <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf>
- Osborne, J. & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical Reflections*. Acedido em http://efepereth.wdfiles.com/local--files/science-education/Sci_Ed_in_Europe_Report_Final.pdf
- Pereira, R. (2009). *Educação Ambiental no ensino Básico e secundário: Concepções de Professores e Análise de Manuais Escolares*. Tese de Doutoramento. Minho: Universidade do Minho, Instituto de Estudos da Criança.
- Reeves, T. C., Herrington, J., & Oliver, R. (2002). *Authentic activities and online learning*. Acedido em <http://elrond.scam.ecu.edu.au/oliver/2002/Reeves.pdf>
- Sá, J., & Varela, P. (2004). *Crianças Aprendem a Pensar Ciências: uma abordagem interdisciplinar*. Porto: Porto Editora.
- Saraiva, E., Lopes, J. B., Cravino, J. P., & Santos, C. A. (2012). How do teachers of physical sciences with different professional experiences use visual representations with epistemic functions in the classroom. *Problems of Education in the 21st Century*, 42, 97-114.
- Silva, M. J., Lopes, J. C. Silva, P M., & Marcelino. M. J. (2010). Sensing the schoolyard: using senses and sensors to assess georeferenced environmental dimensions. In: *Proceedings of ACM 1st International Conference and Exhibition on Computing for Geospatial Research & Application (COM. Geo '10)*. New York: ACM.
- Silva, M. J. (2012). *SOS Abstract: Using Sensors and Senses in the Environment to Develop Abstract Thinking*. Porto: INED, IPP.
- Silva, M. J., Lopes, J. B., & Barbot, A. (2013). *Utilização de Sensores e dos Sentidos Humanos no Apoio à Transição do Concreto para o Abstrato*. *Enseñanza de las Ciências*, extra, 280 - 285.

- Silva, M. J., Lopes, J. B. & Silva, A. A. (2013). Using senses and sensors in the environment to develop abstract thinking – a theoretical and instrumental framework. *Problems of Education in the 21st Century*, 53, 99-119.
- Stapp, W. B., Wals, A. J. & Stankorb, S. L. (1969). The concept of Environmental Education. *Journal of Environmental Education*, 1, 30-31.
- Tuckman, B. (2001). *Manual de Investigação em Educação*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- UNESCO. (1978). Intergovernmental conference on environmental education: Tbilisi (USRR), 14-26 October 1977. Final Report. Paris.
- UNESCO. (1999). *Ciência para o século XXI – Um novo compromisso*. Lisboa: Comissão Nacional da UNESCO.
- Wals, A. J., Brody, M., Dillon, J., & Stevenson, R. B. (2014). Convergence Between Science and Environmental Education. *Science*, 344, 583-584.
- Worth, K. (2010). Science in early childhood classrooms: Content and process. Trabalho apresentado no STEM in Early Education and Development Conference, Cedar Falls, IA.

