

O projeto Eco-sensors4Health na formação docente: Os sensores na sensibilização para a saúde ambiental

Maria João Silva, Ana Caseiro, Margarida Rodrigues, Bianor Valente, Nuno Melo, António Almeida, Clarisse Nunes
Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Lisboa (ESELx, IPL)
Lisboa, Portugal

mjsilva@eselx.ipl.pt, anac@eselx.ipl.pt, margaridar@eselx.ipl.pt, bianorv@eselx.ipl.pt, nunom@eselx.ipl.pt,
aalmeida@eselx.ipl.pt, clarisse@eselx.ipl.pt

Resumo — O projeto de investigação Eco-sensors4Health tem como objetivo o uso de tecnologias de informação e comunicação (TIC) do quotidiano, como os sensores, na criação de ambientes saudáveis e sustentáveis na escola. Complementarmente, o projeto de investigação TEL@FTELab (*Technology Enhanced Learning@Future Teacher Education Lab*) investiga como uma formação enriquecida com tecnologia pode melhorar a preparação docente. A investigação apresentada neste artigo foi desenvolvida no contexto destes dois projetos e criou um conjunto de cenários pluridisciplinares de aprendizagem para promover a sensibilização para a saúde ambiental, através do uso de sensores na formação docente. Os referidos cenários centram-se em diversas dimensões da saúde ambiental das escolas, como o som e a qualidade do ar (através da concentração de dióxido de carbono no ar). A avaliação do uso dos sensores para explorar estas dimensões da saúde ambiental da escola tornou possível validar os cenários de aprendizagem e perspetivar práticas pluridisciplinares dos/as futuros/as docentes no empoderamento das crianças para eco-inovarem em saúde ambiental.

Palavras-chave — *sensores; formação docente; saúde ambiental; TIC*

I. INTRODUÇÃO

Os sensores são frequentemente usados no quotidiano como uma extensão dos sentidos humanos [1], integrados em dispositivos móveis que permitem atividades ubíquas, formais e informais, de aprendizagem e de promoção da saúde [2] [3]. Adicionalmente, a tecnologia móvel permite, em qualquer momento e em qualquer lugar, a exploração do ambiente e atividades colaborativas de pesquisa e resolução de problemas, adquirindo dados do ambiente (através de sensores ou introduzidos pelo/a utilizador/a), processando-os e apresentando-os em representações múltiplas [2] [4]. Apesar de todas estas potencialidades e da crescente posse de dispositivos móveis por docentes e discentes [5], a preparação de docentes para este tipo de estratégias de ensino/aprendizagem ainda não é suficiente [2] [6].

A investigação apresentada neste artigo visa o estudo do uso dos sensores, como ferramentas de promoção da saúde ambiental na formação de professoras/es, perspetivando

futuras práticas docentes que conduzam à sensibilização e empoderamento das crianças neste mesmo domínio.

O trabalho de investigação foi desenvolvido no contexto dos projetos de investigação Eco-sensors4Health e TEL@FTELab (*Technology Enhanced Learning@Future Teacher Education Lab*). Os dois referidos projetos cruzam-se no presente estudo, uma vez que enquanto o projeto TEL@FTELab investiga como pode uma formação enriquecida com tecnologia melhorar a preparação docente, o projeto Eco-sensors4Health visa mobilizar o uso de tecnologias de informação e comunicação (TIC) do quotidiano, como os sensores, para criação de ambientes saudáveis e sustentáveis na escola, pretendendo-se preparar práticas docentes que conduzam ao empoderamento das crianças no uso dos sensores para intervenção na saúde ambiental das escolas.

No contexto dos dois projetos, o uso dos sensores e outras tecnologias móveis enquadrou-se nas seguintes abordagens: i) multidisciplinaridade [7] [8], mobilizando diferentes áreas disciplinares, nomeadamente ciências da natureza, matemática e tecnologias, para a implementação e reflexão sobre atividades de aprendizagem móvel sobre saúde ambiental; ii) promoção da autonomia das/os estudantes, nomeadamente sobre como pesquisar o quê [2]; iii) desenvolvimento de atividades autênticas e situadas, integrando problemas reais e de proximidade, com uso de sensores e outras TIC [9]; iv) promoção do conhecimento de conteúdo pedagógico e tecnológico, como interseção do conhecimento tecnológico, do conhecimento de conteúdo e do conhecimento pedagógico, em conformidade com o modelo TPACK [10].

Este artigo integra, para além desta introdução, o enquadramento e o trabalho relacionado com a investigação realizada, a metodologia usada, a apresentação e análise de dados, o trabalho ainda em curso e as conclusões.

II. ENQUADRAMENTO E TRABALHO RELACIONADO

O uso de sensores tem sido considerado, desde o início do século XXI, como uma estratégia poderosa na educação em ciências e matemática, contribuindo para melhores resultados

de aprendizagem [11] e para experiências positivas de ensino das ciências, por parte das/os professoras/es [12].

São numerosos os projetos que têm usado sensores integrados em dispositivos móveis para explorar o ambiente em atividades de pesquisa. Um dos projetos pioneiros foi o projeto *Globe*, em que alunas/os de escolas em muitos locais do mundo usaram sensores para realizar medições cientificamente válidas, cujos dados eram reunidos, tratados e apresentados para interpretações locais e globais [13]. Muitos outros projetos se lhe seguiram, desenvolvendo atividades de significação ambiental com sensores (incluindo GPS, câmaras fotográficas e sensores de som, temperatura e humidade) e dispositivos móveis (como *PDA* e *smartphones*), integrados em plataformas e usados em ambientes reais (uma análise de tais projetos pode ser consultada em [14]). Mais recentemente, com o desenvolvimento de sensores mais acessíveis a qualquer cidadã/o, e com o aumento da utilização quotidiana de *smartphones* com acesso à Internet [5], têm-se multiplicado os *Kits* de sensores, que detetam e medem parâmetros ambientais e de saúde ambiental [15], para uso por redes de cidadãs/ãos e por crianças nas escolas. O projeto CITI-SENSE, por exemplo, é um projeto europeu que visa empoderar as/os cidadãs/ãos na participação e contribuição para um ambiente mais saudável e sustentável, influenciando as prioridades e decisões relacionadas (www.citi-sense.eu). Disponibiliza packs de sensores, entre outros recursos, para a monitorização da qualidade do ambiente pelas pessoas. Neste projeto, estão a participar 12 escolas, em 4 países, monitorizando o ar interior.

A presente investigação concebeu e está a validar um conjunto de cenários de aprendizagem para a formação inicial de professoras/as, mobilizando Unidades Curriculares das áreas de Ciências da Natureza, da Matemática e das Tecnologias e nelas desenvolvendo atividades de saúde ambiental, com recurso aos sensores. Estas atividades enquadram-se na constatação da necessidade de familiarização das/os docentes com os sensores antes da utilização dos mesmos nas escolas com as crianças [16].

III. METODOLOGIA

No contexto de uma Licenciatura em Educação Básica (LEB), em Lisboa, foram implementados cenários de aprendizagem, em diversas Unidades Curriculares, visando a análise e significação de dados adquiridos com recurso a sensores e envolvendo variáveis de saúde ambiental. Os cenários foram avaliados por observação participante, realizada pelas/os docentes e através de questionários de itens abertos às/aos alunas/os. Foi efetuada análise de conteúdo às respostas a estes questionários.

A conceção dos cenários contemplou o Modelo de Maturidade da Sala de Aula do Futuro [17], posicionando as dimensões consideradas (Tabela I), em diferentes níveis, de acordo com aquele referencial, tanto no que respeita ao momento anterior ao da implementação do cenário, como ao nível desejado que o cenário pretendia alcançar.

Os cenários também visaram desenvolver o conhecimento das/os futuras/os docentes nas três dimensões do modelo TPACK (Fig. 1).

TABLE I. NÍVEIS DE MATURIDADE DA SALA DE AULA DO FUTURO

Dimensões	Níveis de maturidade	
	Atual	Desejado
Aluno	2 - Enriquecer	3 - Aperfeiçoar
Professor	3 - Aperfeiçoar	4 - Expandir
Objetivos de aprendizagem e avaliação	2 - Enriquecer	3 - Aperfeiçoar
Capacidade da instituição de suportar a inovação em aula	3 - Aperfeiçoar	4 - Expandir
Ferramentas e recursos	3 - Aperfeiçoar	4 - Expandir



Fig. 1. Modelo TPACK contemplado nos cenários de aprendizagem

A. *Uso do sensor de som nas Unidades Curriculares “Análise de Dados” e “TIC na Matemática e nas Ciências da Natureza”*

Na UC de Análise de Dados, participaram as três turmas do 2.º ano diurno da LEB, num total de 92 futuras/os professoras/es. Na UC eletiva de TIC na Matemática e nas Ciências da Natureza (TICMC), participou a totalidade da turma, composta por oito alunas do 2.º ano do curso LEB pós-laboral.

O cenário de aprendizagem, usado em ambas as UC, visou a recolha, organização, tratamento e análise de dados estatísticos relativos ao nível de som em diferentes locais da instituição, tendo havido um momento inicial dedicado ao levantamento de previsões desses valores. Para este trabalho, foram utilizados: i) os *smartphones* das/os estudantes com os respetivos sensores de som, através da aplicação *SPARKvue*, para a recolha de dados; ii) os *e-mails* das/os estudantes para exportação dos dados recolhidos; e iii) o *Excel* para tratamento dos dados, determinação de medidas estatísticas e construção e análise de representações gráficas. Para avaliação da intervenção didática, foram recolhidos os trabalhos produzidos pelos estudantes e foi aplicado um inquérito por questionário a cada um/a das/os participantes, na UC de Análise de Dados, e a cada par de estudantes na UC TICMC. Os questionários tinham um conjunto de perguntas comum, tendo sido acrescentado um outro conjunto ao questionário aplicado na UC TICMC.

B. Uso do sensor de ritmo cardíaco na Unidade Curricular “TIC na Matemática e nas Ciências da Natureza”

Na atividade de uso do sensor de ritmo cardíaco na UC TICMC, participaram as oito alunas que compõem a turma. O cenário visou a realização de atividades de uso de um sensor de ritmo cardíaco em conjunto com a app *Endomondo* para monitorizar as alterações do referido ritmo no ambiente da escola e durante a dramatização de um debate em “Parlamento” sobre a Central Nuclear de Almaraz. As representações gráficas criadas pelo *software* foram exportadas para o *Google Earth* e interpretadas pelas estudantes. Para avaliação do cenário, foi aplicado um novo questionário a cada par de estudantes.

C. Uso do sensor de dióxido de carbono na Unidade Curricular “TIC na Matemática e nas Ciências da Natureza”

Na atividade de uso do sensor de dióxido de carbono na UC TICMC, participou apenas metade da turma. O cenário visou a realização de atividades de uso de um sensor dióxido de carbono no ar para monitorizar as alterações de concentração do mesmo em diversas atividades e locais da escola. Os dados foram recolhidos através da aplicação *SPARKvue* e posteriormente exportados para o *Excel*, onde as estudantes efetuaram o seu tratamento. A avaliação do cenário foi baseada na observação participante e na resposta de dois pares de estudantes.



Fig. 2. Recolha de dados com smartphone e app *SPARKvue*

TABLE II. NÍVEIS SONOROS NA ESCOLA (UC ANÁLISE DE DADOS)

	Bar	Refeitório	Sala de aula	Jardim exterior	Biblioteca	Zona de estudo I	Zona de estudo II	Salão Nobre
Mínimo (dBC)	56.1	57.1	54.0	51.4	31.0	38.7	36.1	27.2
Máximo (dBC)	70.0	68.9	67.7	60.0	41.6	54.3	56.1	58.8

IV. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A. Uso do sensor de som nas Unidades Curriculares “Análise de Dados” e “TIC na Matemática e nas Ciências”

Na UC de Análise de Dados, as/os estudantes mostraram-se motivadas/os ao longo da sua realização, sobretudo no momento da realização das previsões do nível de som nos diversos locais da instituição e no momento da recolha dos dados (Fig. 2). Os locais e hora de recolha dos dados variaram de turma para turma, tendo-se obtido valores de nível sonoro entre 27.2 dBC e 70.0 dBC (Tabela II).

A análise das respostas das/os futuras/os professoras/es aos questionários permitiu verificar que a maioria (82%) considerou a tarefa pertinente, tendo as justificações referido, sobretudo, a pertinência da tarefa pelo tema em estudo (o som) e a utilização/consolidação de conteúdos estatísticos anteriormente trabalhados na UC.

Neste cenário de aprendizagem, as/os estudantes mostraram-se favoráveis à utilização de TIC, sendo que 90% referiu considerar pertinente o uso do *smartphone* para a realização da proposta, e 95% referiu considerar pertinente o uso do *Excel*. Apesar destes valores elevados, é de realçar que 10% das/os futuras/os professoras/es consideraram o uso do *smartphone*, e 5% o uso do *Excel*, como estratégias não pertinentes para a aprendizagem.

TABLE III. NÍVEL SONORO NA ESCOLA (UC TICMC)

	Estacionamento	Refeitório	Sala de aula vazia	Entrada	Zona de estudo	Corredor
Mínimo (dBC)	38,7	55,4	47	66,8	44,2	57,6
Máximo (dBC)	65	90,7	53,7	80,6	72,1	67,9

Na UC de TICMC, os valores, nas previsões, variaram entre os 20 dBC na Biblioteca e os 80 dBC na entrada da escola. No que respeita aos dados recolhidos, o nível sonoro variou entre 38,7 dBC, no parque de estacionamento, o qual pode ser sentido como repousante, e 90,7 dBC no refeitório, valor muito elevado e fatigante (Tabela III).

Existiu unanimidade quanto à pertinência do uso dos *smartphones* e do *Excel* na atividade proposta. Também 100% das respostas apresentam justificações para a utilidade do uso do sensor de som para a docência futura, nomeadamente pela dimensão prática e experiencial na aprendizagem das crianças, e pela importância da multisensorialidade no tratamento do tema da poluição sonora. Um dos pares referiu, ainda, o isomorfismo de práticas, assinalando a utilidade futura para saberem como pôr a experiência em prática com as crianças.

Uma das respostas, alusiva ao uso do *smartphone*, alerta para a necessidade da docente "ter sempre sensibilidade para o desequilíbrio a nível económico e social entre os alunos, de forma a não criar nenhum tipo de desvantagem entre os mesmos". Por outro lado, no final da atividade, 3 dos 4 pares referiram ter gostado da atividade por poderem avaliar uma dimensão da qualidade ambiental, usando apenas o seu *smartphone*.

O tema e resultados revelaram-se significativos, dado que as/os estudantes compararam as medições efetuadas com as suas experiências e perceções quotidianas, confirmando por exemplo que o refeitório e o bar são zonas com elevado nível sonoro, que a Biblioteca é o local mais silencioso e que as zonas de estudo nem sempre mantêm o nível sonoro adequado. Os valores medidos dependeram muito do momento dessa medição, sendo que, por exemplo, o Salão Nobre se encontrava sem atividades e a zona de entrada tinha um grupo de pessoas em convívio, nos momentos de medição.

Como seria expectável, por se tratar de uma UC de opção centrada em TIC, a avaliação pelas/os estudantes, em relação à pertinência do uso do *smartphone* e do *Excel*, foi unânime e mais positiva no caso da UC TICMC do que no caso da UC Análise de Dados. Salientou-se ainda que a estratégia BYOD (Bring Your Own Device) tem de considerar a diversidade de estudantes e dos dispositivos móveis que possuem.

B. Uso do sensor de ritmo cardíaco na Unidade Curricular "TIC na Matemática e nas Ciências"

Na UC TICMC, duas estudantes (uma de cada vez) recolheram os dados do seu ritmo cardíaco, fazendo diferentes percursos no exterior da escola, acompanhadas pelas colegas que anotavam os locais e acontecimentos de modo a poderem interpretar depois a variação observada no gráfico.

Ao analisarem os dados do sensor do ritmo cardíaco, exportados pela app *Endomondo* e apresentados no *Google Earth* (ver Fig. 3), as estudantes constataram que o ritmo cardíaco, além de variar de pessoa para pessoa (a primeira estudante tinha um ritmo médio superior ao da segunda), também tinha variado em função do esforço físico desenvolvido ao longo do percurso, (subida de rampas, irregularidades e diferentes elevações do terreno, no caso da segunda estudante) e em momentos de *stress* acrescido ao atravessar uma zona menos segura, como o parque de estacionamento, por exemplo (primeira estudante).

Durante a simulação de um debate parlamentar sobre o impacto ambiental da Central Nuclear de Almaraz, uma estudante usou o sensor de ritmo cardíaco. Na Fig. 4, pode observar-se que o ritmo cardíaco começou por subir, mantendo-se depois relativamente reduzido, enquanto as colegas discutiam, até que a aluna foi interpelada pela docente para entrar na discussão, tendo o seu ritmo cardíaco subido.

No final da atividade, as alunas reconheceram a relação entre as variações do ritmo cardíaco e o (des)conforto ambiental. As alunas também realçaram que o uso do sensor de ritmo cardíaco seria de grande utilidade no estudo do sistema circulatório no 6º ano de escolaridade.

Nas respostas aos questionários, 100% das estudantes afirmou nunca ter usado um sensor de ritmo cardíaco e considerou importante o seu uso conjunto com o *Google Earth*, registando-se referências a poderem "observar os dados de diferentes variáveis numa mesma área gráfica", possibilitando "uma melhor interpretação dos resultados obtidos", ao visualizarem a "interligação de todas as variáveis e a evolução conjunta das mesmas". Todos os pares de estudantes consideraram útil o uso do sensor de ritmo cardíaco para a docência futura, justificando com i) a ligação entre várias áreas curriculares (Português, Matemática e Estudo do Meio), ii) a importância do tema e da experimentação.



Fig. 3. Gráfico de altitude (linha superior) e do ritmo cardíaco de duas estudantes (linha inferior), com percurso no *Google Earth*.

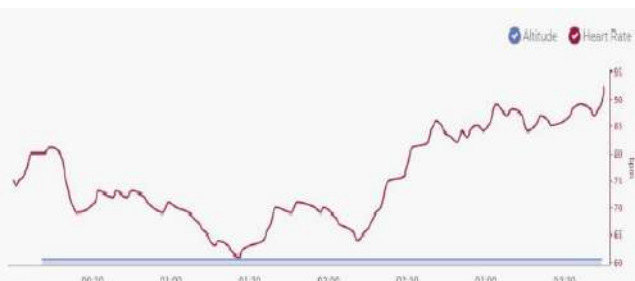


Fig. 4. Gráfico do ritmo cardíaco de uma aluna durante o debate

C. Uso do sensor de dióxido de carbono na Unidade Curricular "TIC na Matemática e nas Ciências"

Na UC TICMC, a recolha de dados decorreu em vários momentos. Num primeiro momento, o sensor começou a adquirir dados no ar da sala de aula, sendo depois colocado numa garrafa para a qual uma aluna tinha expirado (ver Tabela IV, ar expirado). Assim, as alunas reconheceram que o valor máximo medido correspondia à concentração de dióxido de carbono do ar dentro da garrafa (ar expirado por uma aluna que se misturou com o ar da sala de aula que já estava dentro da garrafa).

Num segundo momento, um fósforo acabado de apagar foi colocado dentro da garrafa que continha ar da sala de aula. Assim, também foi reconhecido que o valor máximo medido (ver Tabela IV, fumo de um fósforo) correspondia a um valor

da concentração de dióxido de carbono do ar dentro da garrafa (ar da sala de aula, que já estava dentro da garrafa, misturado com o fumo do fósforo).

TABLE IV. CONCENTRAÇÃO DE CO₂ EM DIVERSAS ATIVIDADES E ESPAÇOS

	<i>Ar expirado</i>	<i>Fumo de um fósforo</i>	<i>Jardim, perto da IC 19</i>	<i>Carro a trabalhar</i>
Máximo (ppm)	25868	2616	2837	13045

Num terceiro momento, o sensor de dióxido de carbono foi mantido no jardim da escola, junto à via rápida IC19, tendo-se verificado que, sempre que passava um carro, a concentração de dióxido de carbono no ar subia, que quando passava um camião essa subida era maior e que, quando os automóveis passavam mais perto do jardim, a subida também era maior. Num último momento de aquisição de dados, o sensor de dióxido de carbono foi mantido junto de um carro, antes durante e depois de o carro ser colocado a trabalhar (ver Tabela IV, dados do carro a trabalhar).

Neste contexto as estudantes mostraram compreender que: i) o ar expirado possui uma elevada concentração de dióxido de carbono, pelo que a qualidade do ar nas salas de aula deve ser monitorizada e cuidada; ii) as combustões são fontes de dióxido de carbono para o ar, contribuindo para a diminuição da qualidade do ar interior e exterior; iii) apesar de a concentração aumentar, o dióxido de carbono é sempre um constituinte minoritário do ar. Das repostas dos dois pares ao questionário, salienta-se: i) o fator novidade do sensor de dióxido de carbono, das unidades usadas e da facilidade de uso do mesmo, nomeadamente com os dispositivos móveis pessoais; ii) o reconhecimento da utilidade do referido sensor para abordagem de conteúdos de saúde ambiental, no ensino superior, mas também no ensino básico.

D. Modelo de Maturidade e modelo TPACK nos cenários de aprendizagem implementados

Nos cenários de aprendizagem implementados, consideramos ter existido alguma evolução nos níveis de maturidade, nalgumas das dimensões consideradas: i) Aluno (de 2 para 3), pois as/os estudantes alargaram a sua competência digital usando tecnologias que desconheciam antes (informação confirmada por inquérito), na pesquisa de questões ambientais; ii) Professor/a (de 3 para 4), pois as atividades foram desenvolvidas autonomamente pelas/os estudantes em locais exteriores à sala de aula, e desenhadas com um foco claro na aprendizagem; iii) Capacidade da escola para apoiar a inovação na sala de aula (de 3 para 4), pois existiu um investimento na aquisição de novas tecnologias como os sensores, que foi acompanhada de formação técnica, além do encorajamento na colaboração entre as/os docentes na conceção das atividades de aprendizagem com uso de múltiplos recursos; e iv) Ferramentas e recursos (de 3 para 4, no caso da UC de TIC), pois novos usos ou novas tecnologias foram adotadas com sucesso na totalidade das aulas, dentro e fora da sala de aula, para apoiar a aprendizagem.

Outras dimensões mantiveram-se no nível atual: i) Objetivos de aprendizagem e avaliação (2), uma vez que a reduzida duração temporal não permitiu evoluir da definição pelo professor dos objetivos de aprendizagem para um maior envolvimento das/os estudantes nessa definição bem como para uma maior personalização dos mesmos; e ii) Ferramentas e recursos (3, no caso da UC de Análise de Dados), pois a adoção de novas tecnologias na recolha e análise de dados ocupou uma percentagem reduzida de aulas.

A observação do trabalho realizado bem como a análise das respostas aos questionários permitem considerar que as/os estudantes desenvolveram conhecimento nas três dimensões do modelo TPACK. Relativamente ao conteúdo científico, adquiriram conhecimento sobre a significação i) de diferentes grandezas e sua relação com a qualidade ambiental na escola, ii) das representações gráficas envolvendo diferentes variáveis, e iii) dos conceitos estatísticos. No que respeita ao conteúdo tecnológico, as/os estudantes adquiriram novo conhecimento sobre tecnologias digitais quotidianas, como os sensores, e aprofundaram o seu conhecimento sobre o uso da folha de cálculo na realização de estudos estatísticos incidentes na identificação e monitorização de problemas de saúde ambiental, tendo, ainda, identificado potencialidades do uso do *Google Earth*. No que concerne ao conteúdo pedagógico, as/os estudantes desenvolveram conhecimento sobre o uso didático de sensores e folha de cálculo em atividades de análise de dados de saúde ambiental, vivenciando a importância da multisensorialidade e da componente experiencial na aprendizagem, e conseguindo transpor essas vivências para cenários futuros de docência na educação pré-escolar ou no ensino básico. O desenvolvimento do conhecimento pedagógico das/os estudantes pode ter sido favorecido pelo facto de a abordagem didática usada respeitar as fases de uma investigação estatística e de se reservar espaço para a pesquisa pelas/os estudantes das questões ambientais em estudo. Poderá, assim, ocorrer isomorfismo de práticas, não obstante as UC incidirem, nos seus conteúdos, em aspetos de natureza científica e não didática. Também a leitura de artigos científicos, na UC TICMC, envolvendo o uso de sensores pelas crianças, pode ter contribuído para o reconhecimento da utilidade das atividades desenvolvidas na docência futura.

V. TRABALHO EM CURSO

Nas secções anteriores, foi apresentado um conjunto de cenários já implementados, com o uso de sensores, para a sensibilização das/os futuras/os docentes sobre a saúde ambiental e para a sua preparação para futuras práticas inovadoras neste âmbito.

Está neste momento em implementação um outro cenário de aprendizagem, “As trocas de Dióxido de Carbono e Oxigénio entre as Plantas e a Atmosfera”, na UC Mundo Vivo, tendo o mesmo objetivo central dos cenários anteriores, mas centrando-se na influência das plantas na qualidade do ar interior e exterior das escolas. Neste cenário, as/os estudantes utilizam os sensores de dióxido de carbono e oxigénio no ar, em conjunto com a *app SPARKvue*, instalada nos próprios *smartphones*. Numa primeira sessão, as/os estudantes familiarizaram-se com a utilização dos sensores, enquanto

reconheciam empiricamente: a libertação de dióxido de carbono na respiração (estudo do ar exterior, do ar da sala de aula, do ar expirado e da fermentação realizada por leveduras); o consumo de oxigénio na respiração (estudo do ar exterior, do ar da sala de aula, do ar expirado). Numa segunda aula, as/os estudantes exploram, com os mesmos recursos (sensores e app), as trocas de dióxido de carbono e oxigénio realizadas pelas plantas em condições de presença e de ausência de luz, relacionando as referidas trocas, com os processos de respiração e fotossíntese. No final da implementação do cenário, foi possível refletir sobre a influência das pessoas e das plantas na qualidade do ar interior e exterior à escola. Os relatórios estão em fase de elaboração pelos grupos de alunas/os. Saliente-se que estão a participar nestas atividades as quatro turmas do 2º ano de LEB (cerca de 110 estudantes).

Um futuro cenário pretende centrar-se na medição de dióxido de carbono em ambientes naturais e seminaturais, procurando usar sensores em visitas de estudo a áreas com as características referidas. Neste âmbito, apenas foi desenvolvido um estudo exploratório na UC Matemática nas temáticas Ambientais com 15 estudantes, utilizando o sensor do dióxido de carbono e recorrendo ao software já mencionado. Os valores obtidos oscilaram entre as 157 ppm e as 1390 ppm, tendo estes limites decorrido das medições ao ar livre e dentro dos observatórios de aves, lotados na sua capacidade. Os resultados encerram várias potencialidades educativas, entre as quais se destacam: i) o confronto entre o valor médio de dióxido de carbono de atmosfera e o verificado em ambientes naturais; ii) a discussão das oscilações encontradas face às características do espaço; iii) uma mais efetiva perceção da percentagem de dióxido de carbono na atmosfera se comparada com a de outros gases.

VI. CONCLUSÃO

A presente investigação criou um conjunto de cenários pluridisciplinares de aprendizagem para promover a sensibilização para a saúde ambiental, através do uso de sensores na formação docente. Os referidos cenários centraram-se em diversas dimensões da saúde ambiental das escolas, como o nível sonoro e a qualidade do ar (através da concentração de dióxido de carbono no ar). A avaliação dos cenários implementados, incluindo do uso dos sensores para explorar as dimensões da saúde ambiental da escola, recorreu ao modelo TPACK [10] e aos níveis de maturidade da sala de aula do futuro [17]. Foi, assim, possível validar os referidos cenários de aprendizagem e perspetivar práticas pluridisciplinares dos/as futuros/as docentes no empoderamento das crianças em saúde ambiental.

Encontram-se, em curso, o desenho e implementação de dois outros cenários, que usam os sensores de concentração de dióxido de carbono e oxigénio no ar para complementar os cenários validados nesta investigação, no que se refere: i) à influência das pessoas e das plantas na qualidade do ar interior e exterior à escola; ii) às diferenças da composição e qualidade do ar interior e exterior em zonas urbanas e naturais.

Considerando que a inclusão de crianças com Necessidades Educativas Especiais (NEE) nos contextos

regulares de ensino é um desígnio do sistema educativo português, salienta-se que a melhoria dos cenários de aprendizagem implementados considerará a necessidade de preparar as/os estudantes da LEB para o uso inclusivo dos sensores, de modo a possibilitar que todas as crianças se possam envolver e participar de forma ativa nessas atividades, o que pode exigir o recurso a apoios e estratégias específicas.

References

- [1] L. Magnani, "Reasoning through doing. Epistemic mediators in scientific discovery", *Journal of Applied Logic*, vol. 2, n.4, pp. 439-450, 2004.
- [2] C. Shuler, N. Winters and M. West, *The Future of Mobile Learning: Implications for policy makers and planners*, Paris: UNESCO, 2013.
- [3] M. J. Silva, J. C. Lopes, P. M. Silva and M. J. Marcelino., Sensing the schoolyard: using senses and sensors to assess georeferenced environmental dimensions, *Proceedings of ACM 1st International Conference and Exhibition on Computing for Geospatial Research & Application (COM.Geo '10)*, New York: ACM (2010). doi: 10.1145/1823854.1823899.
- [4] S. Peskin, "Is mobile health revolution made for managed care?" *Managed Care*, 2010. Available at: <http://www.managedcaremag.com/archives/1012/1012.mobile.html>.
- [5] E. Ferreira, C. Ponte, M. J. Silva, and C. Azevedo, "Mind the Gap: Digital Practices and School", *International Journal of Digital Literacy and Digital Competence*, vol. 6, n. 3, pp. 16-32, 2015. DOI=<http://dx.doi.org/10.4018/IJDLDC.2015070102>
- [6] European Commission, *Survey of Schools: ICT in Education*, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013.
- [7] M. O. M. El-Hussein and J. C. Cronje, "Defining Mobile Learning in the Higher Education Landscape", *Educational Technology & Society*, vol. 13, n. 3, pp. 12-21, 2010.
- [8] P. Kostkova1, "Grand Challenges in Digital Health", *Front Public Health*, vol. 3, 2015.
- [9] M. J. Silva, J. B. Lopes, and A. A.Silva, "Using Senses and Sensors in the Environment to Develop Abstract Thinking", *Problems of Education in the 21st Century*, vol. 53, pp. 99-119, 2013.
- [10] Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A new framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108 (6), pp. 1017-1054.
- [11] R. Tinker, "Technology In Support of Equity", *@Concord Newsletter*, vol. 6, n. 1, Winter 2002.
- [12] C. Murphy, "Literature Review in Primary Science and ICT". *FutureLab Series. Report 5*, 2003.
- [13] *Globe Program*. <http://www.globe.gov/>
- [14] M. J. Silva, C. A. Gomes, J. C. Lopes, M. J. Marcelino, C. Gouveia, A. Fonseca, and B. Pestana. "Adding Space and Senses to Mobile World Exploration". In *Mobile Technology for Children: Designing for Interaction and Learning*, A. Druin, Ed., Boston: Morgan Kaufmann, pp. 147-169, 2009.
- [15] M. J. McGrath, and C. N. Scanaill, "Environmental Monitoring for Health and Wellness", In *Sensor Technologies: Healthcare, Wellness, and Environmental Applications*, pp. 249-282, 2014. Apress. DOI: 10.1007/978-1-4302-6014-1
- [16] A. Chamberlain, M. Paxton, K. Glover, M. Flintham, D. Price, S. Benford, P. Tolmie, E. Kanjo, A. Gower, A. Gower, D. Woodgate, D. Stanton Fraser, C. Greenhalgh, (2014) "Understanding mass participatory pervasive computing systems for environmental campaigns". *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 18, n.7, pp. 1775-1792.
- [17] Tool 2.2 - Future Classroom Maturity - Model Reference Guide. <http://fcl.eun.org/documents/10180/14691/2.2+FCMM+reference+guide.pdf/5fe0addb-3934-436c-aba3-8693bf90a95a?version=1>