

**CAPÍTULO 5 – A UTILIZAÇÃO DO  
SENSOR DE DIÓXIDO DE CARBONO EM  
CONTEXTOS DE PRÁTICA  
PEDAGÓGICA SUPERVISIONADA:  
PROPOSTAS DIDÁTICAS PARA A  
DISCIPLINA DE CIÊNCIAS NATURAIS E  
PARA A PARTICIPAÇÃO EM SAÚDE  
AMBIENTAL**

Bianor Valente (bianorv@eselx.ipl.pt)<sup>1</sup>,

Laura Soares (laurambsoares@gmail.com)<sup>1</sup>,

Inês Mendonça (ines.isabel.mendonca@hotmail.com)<sup>1</sup>,

Ana Filipa Cardoso (afkardoso@gmail.com)<sup>1</sup> e

Maria João Silva (mjsilva@eselx.ipl.pt)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escola Superior de Educação de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa,  
Estrada do Calhariz de Benfica, 1549-003 Lisboa

## RESUMO

Neste capítulo apresenta-se um conjunto de propostas didáticas que foram construídas no âmbito da prática pedagógica supervisionada do Mestrado em Ensino do 1.º Ciclo do Ensino Básico e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º Ciclo do Ensino Básico (CEB). Considerou-se que a utilização de sensores de dióxido de carbono pode constituir uma estratégia facilitadora da compreensão, por parte dos/as alunos/as do ensino básico, do papel daquele gás em diferentes fenómenos (como as combustões, a respiração celular e a fotossíntese), assim como da relação destes fenómenos com a qualidade do ar interior e exterior e as alterações climáticas. As propostas de trabalho foram elaboradas e desenvolvidas para aulas de Ciências Naturais de 5º e 6º ano. Em cada proposta são apresentados os objetivos, os conteúdos, as atividades, os recursos e avaliação. Através da triangulação de dados, obtidos pela observação e análise das produções dos/as alunos/as, avaliou-se a eficácia das propostas, tendo sido constatado o reconhecimento, pelos/as alunos/as: i) das combustões como fontes de dióxido de carbono para o ar, contribuindo para a diminuição da sua qualidade; ii) da contribuição do ar expirado para a baixa qualidade do ar das salas de aula, quando não ventiladas. Constatou-se ainda que a utilização do sensor de dióxido de carbono decorreu sem dificuldades técnicas e contribuiu para aprendizagens matemáticas, nomeadamente da leitura de diferentes representações de dados e de significação das grandezas e valores monitorizados. A utilização do sensor de dióxido de carbono, para exploração de ambientes bem conhecidos das crianças, situou e contextualizou as aprendizagens, diminuindo o nível de abstração das mesmas e aumentando o interesse e participação dos/as alunos/as em

## INTRODUÇÃO

O dióxido de carbono é um composto químico constituído por dois átomos de oxigénio e um átomo de carbono (CO<sub>2</sub>). Está presente na atmosfera terrestre em quantidades muito pequenas. No entanto, desde o início da era industrial, a sua concentração tem vindo a aumentar. Resultados recentes indicam que em 2017 a concentração média anual de CO<sub>2</sub> na atmosfera atingiu 406,5 partes por milhão (ppm), o que corresponde a um novo marco histórico (Dlugokencky, Hall, Montzka, Dutton, Mühle & Elkins, 2018).

O aumento da concentração deste gás na atmosfera acarreta inúmeras consequências. O CO<sub>2</sub> é um gás de efeito de estufa, ou seja, absorve parte da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre. Em conjunto com outros gases, que promovem o efeito de estufa, retem o calor, provocando assim o aumento da temperatura da Terra. Como tal, o aumento da concentração deste gás leva à potencialização do efeito de estufa, contribuindo para o aquecimento global e para mudanças climáticas (Stips, Macias, Coughlan, Garcia-Gorriz, & Liang, 2016). Além disso, o CO<sub>2</sub> dissolve-se na água do mar, produzindo ácido carbónico e baixando o pH da água o que, por sua vez, tem consequências adversas para o equilíbrio da fauna marinha, principalmente nos organismos com carbonato de cálcio na sua constituição (Caldeira & Wickett, 2003; Feely et al., 2004; Orr et al., 2005).

Elevadas concentrações de CO<sub>2</sub> podem ainda provocar efeitos adversos para a saúde humana. No entanto, as concentrações associadas a este tipo de efeitos não são habitualmente detetadas no ar exterior, mas sim no ar interior dos locais frequentados pelos seres humanos. Tal aspeto reveste-se de particular importância, dado que se estima que os seres humanos passam cerca de 80 a 90% do seu tempo em ambientes fechados (Ashmore & Dimitroulopoulou, 2009). Em ambientes interiores, a principal fonte de CO<sub>2</sub> é a respiração dos próprios ocupantes. Dado que uma expiração de um adulto contém, em média, 35000 a 50000 ppm de CO<sub>2</sub> (Prill, 2000), se a ventilação do espaço não for adequada, assiste-se a uma contínua acumulação deste gás. Se os valores no ar interior forem superiores a 1000 ppm a ventilação é provavelmente inadequada e os ocupantes desses espaços podem percecionar o respetivo ambiente como do tipo “pesado”, queixar-se de dores de cabeça, falta de concentração, experienciar náuseas e aumento da frequência cardíaca (Carreiro-Martins et al., 2014; Ferreira & Cardoso,

2014; Satish et al., 2012).

Dadas as inúmeras consequências associadas ao aumento das concentrações de  $\text{CO}_2$  é fundamental compreender quais as fontes de produção de  $\text{CO}_2$  e quais as formas de remoção deste gás do ar. Apesar de existirem várias fontes naturais, como o vulcanismo, a respiração ou a decomposição dos seres vivos, o aumento registado nas concentrações de  $\text{CO}_2$  nas últimas décadas deve-se, essencialmente, a causas de natureza antropogénica e, em particular, à queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural), para obtenção de energia (Dlugokencky et al., 2018).

Os combustíveis fósseis contêm carbono fixado há milhões de anos através da fotossíntese, pelas plantas e outros organismos autotróficos, e/ou carbono de outros seres vivos que o obtiveram por se alimentarem destes últimos. Durante a fotossíntese, as plantas, assim como outros seres autotróficos, têm a capacidade de produzir compostos orgânicos a partir de compostos inorgânicos e de libertar oxigénio. Durante este processo o carbono presente no dióxido de carbono é fixado nas células destes organismos. Durante a combustão, o carbono presente nos combustíveis fósseis combina-se com o oxigénio do ar e forma  $\text{CO}_2$  e vapor de água, havendo libertação de energia. Assim, durante a combustão, o carbono é devolvido à atmosfera num curto período de tempo, ou seja, a queima destes combustíveis está a ocorrer a uma velocidade muito superior ao da sua produção na natureza.

Os incêndios são também uma fonte de  $\text{CO}_2$ . Este fenómeno é duplamente prejudicial pois, por um lado, a própria combustão das florestas liberta  $\text{CO}_2$  e, por outro lado, a destruição destas áreas vegetais faz com que o sequestro/remoção do  $\text{CO}_2$  da atmosfera realizado pelas plantas através da fotossíntese também diminua.

O  $\text{CO}_2$  encontra-se envolvido em diferentes fenómenos naturais intimamente relacionados com a qualidade do ar interior e exterior, assim como com as alterações climáticas. Em particular, as combustões, a respiração celular e a fotossíntese, são processos relevantes para compreender o frágil equilíbrio do ciclo do carbono, nomeadamente no que se refere às trocas de Carbono entre a atmosfera, a biosfera, a hidrosfera e a litosfera.

No âmbito do 2º ciclo, é suposto que os/as estudantes compreendam estes fenómenos. Por exemplo, no programa do 5º ano de escolaridade, prevê-se a exploração das propriedades do ar, assim como a relação entre os seus constituintes e as funções que desempenham na atmosfera. Uma das aprendizagens essenciais indica que os/as estudantes

devem ser capazes de “argumentar acerca dos impactes das atividades humanas na qualidade do ar e sobre medidas que contribuam para a sua preservação, com exemplos locais, regionais, nacionais ou globais e integrando saberes de outras disciplinas.” (DGE, 2018, p.8). A combustão surge, assim, como um conceito fundamental para a compreensão dos impactes das atividades humanas na poluição do ar.

No 6º ano de escolaridade, prevê-se que os/as estudantes sejam capazes de “interpretar informação relativa à composição do ar inspirado e do ar expirado e as funções dos gases respiratórios” (DGE, 2018, p.7). É um momento privilegiado para abordar a ventilação pulmonar e a respiração celular e analisar o efeito desse fenómeno nas alterações da qualidade do ar interior.

Algumas estagiárias da Escola Superior de Educação de Lisboa consideraram que a utilização de sensores de CO<sub>2</sub> podia constituir uma estratégia facilitadora da compreensão, por parte dos/as alunos/as, do papel daquele gás em diferentes fenómenos, em particular, nas combustões e na respiração celular, assim como da relação destes fenómenos com a qualidade do ar interior e exterior e as alterações climáticas. Trata-se de um conjunto complexo de processos interrelacionados, cuja compreensão exige modelos mentais complexos (Lombardi, 2007), que incluem a consideração simultânea de diferentes variáveis, ou seja um pensamento formal, com considerável nível de abstração (Adey, 1999).

Nas secções seguintes, descrevem-se três atividades didáticas que recorrem a sensores de CO<sub>2</sub>. Posteriormente, e através da triangulação de dados, procurar-se-á avaliar a eficácia das propostas na melhoria do processo de ensino e aprendizagem. Por fim, proceder-se-á a uma reflexão sobre potencialidades e desafios da utilização de sensores de CO<sub>2</sub> para atividades de educação e saúde ambiental. Em particular, será discutido o papel dos sensores na diminuição do nível de abstração necessário para a compreensão de alguns fenómenos científicos e no desencadear do interesse e participação dos/as alunos/as em Saúde Ambiental e na aprendizagem da Ciência e da Tecnologia.

## **METODOLOGIA**

No contexto da unidade Curricular de Prática de Ensino Supervisionada II do mestrado em Ensino do 1.º CEB e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º CEB, da Escola Superior de Educação de Lisboa, no ano letivo 2017/2018, foram planificadas e implementadas duas atividades para o 5º ano e uma para o 6º ano de escolaridade na disciplina de Ciências Naturais com recurso a sensores e envolvendo variáveis de

saúde ambiental.

Para a avaliação da intervenção didática, das três atividades, foi realizada uma observação naturalista participante, por parte da Professora Estagiária (PE). Em duas atividades também foi realizada observação não participante, por parte da supervisora institucional. Na terceira, os dados de observação da PE foram complementados por dados recolhidos a partir das respostas dos/as alunos/as a um guião de trabalho.

### **Visualizando a variação de gases durante uma combustão**

Esta atividade teve como principal propósito observar e analisar em tempo real e através de uma visualização gráfica, a variação dos níveis de oxigénio ( $O_2$ ) e de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) durante a combustão de uma vela. Para tal, os/as alunos utilizaram os sensores de  $CO_2$  (PASPORT Carbon Dioxide Gas Sensor - PS-2110) e oxigénio no ar (PASPORT Oxygen Gas Sensor - PS-2126<sup>a</sup>), em conjunto com a *app SPARKvue*, instalada em tablets. Nestas medições, usou-se um *EcoZone System - ME-6668*. Neste *Ecozone System* foi colocada uma vela e, após ter sido acesa, deu-se início à monitorização da variação da concentração destes gases no ar dentro do sistema.

Nesta atividade, que teve a duração de 50 m, participaram duas turmas do 5º ano de escolaridade do Ensino Básico, num total de 44 alunos/as.

### **A qualidade do ar exterior da nossa escola**

A atividade visou a utilização de um sensor  $CO_2$  para monitorizar as alterações de concentração desse gás em diferentes locais da escola (perto da entrada, no pátio das traseiras e nas laterais). Os dados foram recolhidos através do uso do PASPORT Carbon Dioxide Gas Sensor - PS-2110, em conjunto com a aplicação *SPARKvue*, tendo sido registados pelos/as alunos/as.

Nesta atividade, que teve a duração de 50 m, participou uma turma do 5º ano de escolaridade do Ensino Básico, num total de 22 alunos.

### **Os gases na respiração e expiração**

Esta atividade focou-se na recolha de dados sobre a variação de  $O_2$  e  $CO_2$  no interior da sala de aula, realizada pelos/as alunos/as.

Nas medições, usaram-se garrafas adaptadas aos sensores, para recolher amostras de ar, assim como os sensores de  $CO_2$  (PASPORT Carbon Dioxide Gas Sensor - PS-2110) e  $O_2$  no ar (PASPORT Oxygen Gas Sensor - PS-2126A), em conjunto com a *app SPARKvue*, instalada num

computador.

Nesta atividade, participou uma turma do 6º ano de escolaridade do Ensino Básico, num total de 26 alunos.

## IMPLEMENTAÇÃO DAS ATIVIDADES E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### Visualizando a variação de gases durante uma combustão

A implementação desta atividade foi precedida de uma abordagem de índole teórica sobre a combustão e de uma avaliação oral da compreensão dos/as alunos/as sobre os reagentes e os produtos desta reação. Portanto, a atividade foi perspectivada como uma atividade prática complementar à anterior, ou seja, visava consolidar e verificar os conteúdos científicos anteriormente explorados. De facto, a própria forma como a atividade foi contextualizada por parte das PE revelam essa natureza: "PE- vamos verificar com os nossos próprios olhos o que acontece com uma combustão". Os objetivos de aprendizagem formulados pelas PE denunciam igualmente esse cunho: i) prever corretamente o que acontece aos níveis de oxigénio e de dióxido de carbono durante a combustão; e ii) identificar o gráfico à variação da quantidade de O<sub>2</sub> e de CO<sub>2</sub>.

A implementação da atividade foi estruturada em quatro momentos distintos. Num primeiro momento, as PE procuraram que os/as alunos/as percebessem qual a utilidade dos sensores. O diálogo estabelecido ilustra, por um lado, que os/as alunos/as não se encontravam familiarizados com este tipo de dispositivos e que o termómetro era o instrumento mais próximo de um sensor que conheciam.

PE- Vamos ver o que temos aqui [e mostra todo o material necessário para a atividade]

Al- Parece aquilo para acender o fogão

PE- Isto são sensores. O que vão fazer?

Al- Medir os graus?

PE- Vou tentar dar uma ajuda, um é do oxigénio e outro do dióxido de carbono

Al- Vão medir a quantidade de dióxido de carbono e de oxigénio.

Num segundo momento, e dado que previamente já tinha ocorrido uma exposição sobre a temática da combustão, as PE pediram aos/às alunos/as que realizassem as suas previsões sobre a variação da concentração de oxigénio e dióxido de carbono durante a combustão. Este momento foi particularmente relevante para identificar algumas conceções dos/as alunos/as, nomeadamente, a confusão entre a ausência

de ar e a ausência ou diminuta concentração de um determinado gás, neste caso, o oxigénio.

Al- A caixa não tem buracos?

PE- Sim, mas estão todos tapados.

Al- Então vai apagar.

Al- Eu vi uma experiência em que havia uma vela e depois colocou-se um copo e a vela apagou-se.

Al- Pois ficou sem ar.

PE- Mais precisamente ficou sem oxigénio.

Num terceiro momento, os/as alunos/as exploraram, em grande grupo, as mudanças na concentração de dióxido de carbono e oxigénio ocorridas no *Ecozone system* após ter sido acesa a vela (Figura 1). Logo no início da aquisição dos dados, quando os gráficos ainda apresentavam poucos valores, a PE questionou os/as alunos/as sobre qual dos tablets apresentava o gráfico correspondente aos valores de oxigénio (PE- qual será o gráfico de dióxido de carbono? Vamos analisar os gráficos. Este é o gráfico de?). Rapidamente os/as alunos/as identificaram corretamente o gráfico. No entanto, a justificação estava apenas aliçada no facto da tendência dos valores ser decrescente e dos/as alunos/as saberem que o oxigénio diminui.



Figura 1. Aquisição de dados durante a combustão de uma vela, utilizando um sensor de CO<sub>2</sub> (PASPORT Carbon Dioxide Gas Sensor - PS-2110) e um sensor de oxigénio no ar (PASPORT Oxygen Gas Sensor - PS-2126 A), em conjunto com a app SPARKvue, instalada em tablets.

De facto, apesar de na aula anterior os/as alunos/as terem estudado a composição dos gases da atmosfera, nenhum reportou tratar-se do gráfico que não só representava a diminuição da concentração de oxigénio no ar, mas também que, no momento inicial, registava 21% (Figura 1). Ao chamar a atenção dos/as alunos/as para este facto, foi possível explorar conceitos matemáticos, em particular, o conceito de percentagem.

PE- Vamos reparar numa coisa [aponta para o eixo das ordenadas e em particular para a palavra percentagem no gráfico produzido pelo sensor de oxigénio]. Lembram-se? Então onde começou? [as crianças olham com atenção para o gráfico]

Al- 21%

Al- 21,2 ou 21,3%

PE- Mas que valor é este?

Al- São 21 g

PE- Estamos a falar de percentagem

Al- Ah, de todo o ar que estava lá 21% era oxigénio

Ao longo da monitorização os/as alunos/as demonstraram capacidade de questionar os dados e uma postura crítica face à leitura e interpretação dos gráficos. Por exemplo, ao analisarem os gráficos, diferentes alunos/as formularam questões sobre as variações nas concentrações de cada gás (Al- Porque é que tem altos e baixos? [referindo-se à linha do gráfico]; Al- Porque é que estava a subir e depois baixou?).

Por fim, num quarto momento, as PE procuraram formular uma conclusão para a atividade. Neste ponto foi possível ouvir intervenções como: “o oxigénio diminuiu pois, a chama começou a consumir o oxigénio e quanto menor o oxigénio a chama ficava mais pequenina”; “Quando há fogo, o dióxido de carbono aumenta e o oxigénio diminui”; “como já não havia oxigénio para alimentar a combustão, a vela apagou-se”. Ainda durante as conclusões, uma aluna, ao mobilizar os conceitos anteriormente abordados, refletiu sobre o facto de no decurso de uma combustão também se libertar vapor de água. Aproveitando esta intervenção, a Professora Cooperante (PC) procurou orientar os/as alunos/as na procura de evidências relativamente à libertação deste gás.

Al- Na combustão também há libertação de vapor de água

PC- Tu viste?

Al- Eu só vi o vidro embaciado.

PC- Mas vemos vapor de água?

Al- O vapor de água passou para o estado líquido.

### **A qualidade do ar exterior na nossa escola**

O principal objetivo desta atividade consistia na análise da qualidade do ar com recurso a sensores que medem os níveis do dióxido de carbono em 4 locais diferentes da escola, nomeadamente: junto ao portão da escola, nas traseiras da escola, na lateral da escola e no ponto oposto a essa lateral. Assim, os/as alunos/as puderam comparar os valores e justificar esses mesmos valores através das características da localização espacial de cada ponto. Os objetivos formulados pela PE foram: i) recolher dados com os sensores; ii) registar os valores da concentração de dióxido de carbono em cada local; e iii) analisar os valores obtidos. A atividade foi estruturada em três momentos distintos.

Numa primeira fase, a PE procedeu à explicação da atividade e à divisão da turma em três grupos (“Vamos fazer um percurso e vamos

passar por quatro locais diferentes, vamos medir a quantidade de dióxido de carbono que existe nesses locais e depois regressamos para a sala e vamos analisar”). Numa segunda fase, cada grupo foi para o exterior recolher os dados, acompanhado por uma professora. Todos os grupos passaram pelos quatro locais, apesar de o percurso ter sido distinto para cada grupo. Foi solicitado que um elemento de cada grupo ficasse responsável pelo sensor e que outro elemento do grupo registasse o valor médio em cada um dos locais. Durante o percurso, a PE foi colocando questões e pedindo aos/as alunos/as do grupo que acompanhava que realizassem previsões sobre o que iria acontecer.

AL- Se calhar há mais dióxido de carbono no portão

PE- Porquê?

AL- Porque passam mais carros

PE- Porquê?

AL- Porque os carros deitam fumo

No entanto, verificou-se alguma dificuldade na interpretação de alguns valores, em particular, em virtude das escalas utilizadas (ppm e %) e de os/as alunos/as estarem, por vezes, a analisar os dados em tabela e noutros momentos no gráfico.

AL- 0%

PE- Nos valores continua a 0%, mas no gráfico?

AL- 1%

PE- 1%?

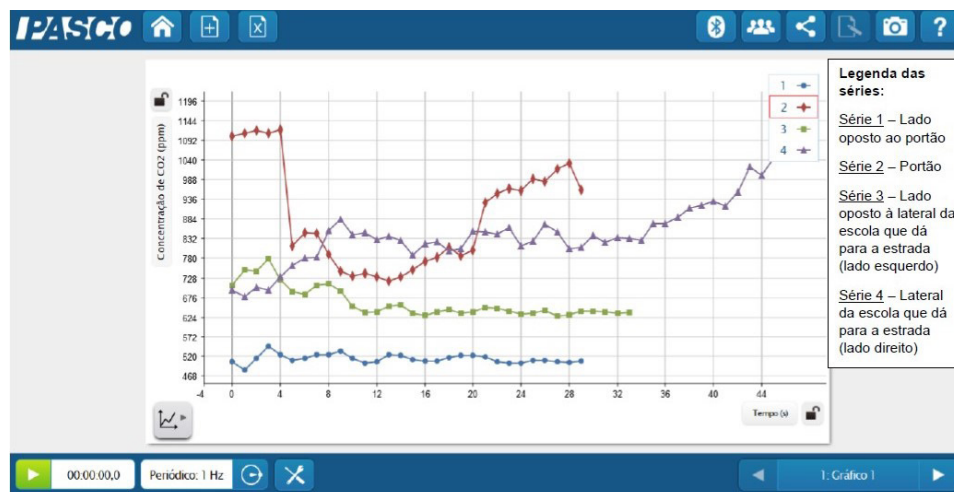
AL- 0,1%

Numa terceira fase, e após terminarem o percurso, os grupos regressaram à sala de aula e procedeu-se à análise dos valores obtidos. Para tal, a PE optou por construir uma tabela no quadro de forma a partilhar os dados de todos os grupos. Num primeiro momento detetou-se alguma dificuldade, dado que um dos grupos tinha procedido à recolha dos dados em partes por milhão (ppm) e os restantes em percentagem. A PE considerou mais relevante trabalhar em percentagem, no entanto, surgiram novos desafios. Ao trabalhar em percentagens, as diferenças tornam-se menos evidentes. De facto, perante a pergunta da PE sobre o que é que os/as alunos/as podiam concluir, um dos alunos respondeu: “Que os valores são quase iguais”.

Posteriormente, a PE decidiu projetar o gráfico de um dos grupos com o registo em ppm, com o objetivo de se analisar de forma mais detalhada as variações detetadas (Figura 2). Em primeiro lugar, os elementos desse grupo esclareceram a turma sobre o local em que cada uma das séries tinha sido obtida.

A discussão foi orientada pela PE, com o objetivo de analisar a va-

Figura 2. Gráfico obtido por um dos grupos nos quatro locais do percurso



riação dos valores de dióxido de carbono e a relação entre o local e o valor de dióxido de carbono obtido.

PE- Mas onde se verificam os valores mais elevados?

Al- No portão

PE- Porquê?

Al- Por causa dos carros

Al- Mas neste lado também há carros [apontando para a janela que dá acesso ao lado direito da escola]

PE- Mas há tantos?

PC- E quando nós medimos estava a passar um autocarro. Quando nós estudámos, vimos que os carros

Al- Fazem combustão e libertam dióxido de carbono.

## Os gases na respiração e expiração

Esta atividade apresentava os seguintes objetivos de aprendizagem: i) reconhecer que as concentrações de  $O_2$  e  $CO_2$  no ar variam de local para local; ii) reconhecer que o ar expirado modifica a concentração do  $CO_2$  no ar da sala de aula e, portanto, modifica a qualidade do ar interior; e iii) identificar medidas promotoras de um ambiente saudável.

Inicialmente, a PE explicou a atividade, bem como a utilidade dos sensores e o seu modo de funcionamento. Posteriormente, foram entregues as fichas de registo.

A tarefa foi iniciada com o sensor de  $CO_2$  inserido numa garrafa com ar recolhido antecipadamente num espaço verde. Através da aplicação *SPARKvue* instalada num computador que, por sua vez, estava ligado a um projetor de vídeo, os dados recolhidos pelo sensor foram projetados. Assim, foi possível verificar o aumento de concentração de  $CO_2$ , quando o Sensor foi retirado da garrafa, ou seja quando passou da medição da concentração de  $CO_2$  no ar recolhido num espaço verde, para a medição da concentração de  $CO_2$  no ar da sala de aula, onde se

encontravam 26 crianças e 3 adultos, e a respetiva diminuição quando se abriram as janelas e a porta e circulou ar com menor concentração de CO<sub>2</sub>.

Tal como detetado em vários estudos, os/as alunos/as desta turma apresentavam conceções alternativas sobre a composição do ar expirado. Por exemplo, observaram-se frequentes declarações com um conteúdo equivalente a: “quando nós inspiramos retiramos o oxigénio do ar e quando nós expiramos libertamos dióxido de carbono para o ar”. A medição da concentração de CO<sub>2</sub> do ar expirado foi particularmente relevante para desconstruir a ideia de que inspiramos oxigénio e expiramos dióxido de carbono. Foi ainda medida a concentração de CO<sub>2</sub> no ar do lado de fora da janela.

À medida que a recolha dos dados foi realizada, procedeu-se ao registo dos valores de CO<sub>2</sub> numa tabela presente na folha de registo (Figura 3). Nesta tabela já se encontravam previamente preenchidos os valores de O<sub>2</sub> para os mesmos locais, assim como as concentrações médias destes gases na atmosfera.

**Atividade de experimentação dos Sensores de CO<sub>2</sub> e de O<sub>2</sub>**

Oxigenio		Dioxido de carbono	
VALOR	AR	VALOR	
20,9% (209000 ppm)	Média no Planeta	0,04 % (400 ppm)	
20,3%	Sala de aula	1200 PPM (0,12%)	
15,2%	Expirado	30000 PPM (3%)	
20,4%	Do lado de fora da janela	500 PPM (0,05%)	

Figura 3. Registo fotográfico de uma tabela preenchida por um aluno

Posteriormente, foi feita uma comparação entre os valores de CO<sub>2</sub> em cada local e a média no planeta, assim como a comparação desses locais e do ar expirado com os valores de O<sub>2</sub> do ar nos mesmos locais e situações. Ficou claro que apesar de com a expiração se enriquecer o ar em CO<sub>2</sub>, a concentração de O<sub>2</sub> no ar continua a ser muito superior à de CO<sub>2</sub>. Foi ainda proferido por um aluno, como conclusão a esse esclarecimento, que “então é por isso que conseguimos ficar dentro da sala mesmo com tudo fechado”.

A atividade terminou com a resposta às duas questões presentes na ficha de registo. A primeira questão centrava-se na comparação das concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> no ar exterior (do lado de fora da janela), no ar interior (sala de aula) e no ar expirado. Esta questão compreendia quatro alíneas com questões de preenchimento de espaços, num total de cinco espaços. A análise dos resultados permite afirmar que a maio-

ria dos alunos preencheu de forma correta a maior parte dos espaços em branco. Em particular, doze alunos/as preencheram corretamente os cinco espaços, cinco preencheram corretamente quatro espaços e nove apenas preencheram corretamente três espaços.

A segunda questão pedia aos/às alunos/as que indicassem os comportamentos que poderiam ser adotados para melhorar a qualidade do ar da sala de aula. Realça-se que, em cada resposta, os/as alunos/as da turma apresentaram no máximo dois comportamentos, sendo que a maioria apenas colocou um comportamento. A grande escolha dos/as alunos/as foi “abrir as janelas da sala”, como prioridade para melhorar a qualidade do ar da sala. Este resultado parece indicar que os/as alunos/as relacionaram a melhoria da qualidade do ar com o arejamento da sala.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O presente trabalho, descreve três atividades concebidas com recurso a sensores de  $O_2$  e  $CO_2$  e implementadas no 5.º e 6.º ano de escolaridade na disciplina de Ciências Naturais, no âmbito da Prática de Ensino Supervisionada do mestrado em Ensino do 1.º CEB e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º CEB, no ano letivo 2017/2018.

As atividades realizadas permitiram que os/as alunos/as compreendessem que: i) as combustões são fontes de dióxido de carbono para o ar, contribuindo para a diminuição da qualidade do ar interior e exterior; ii) o ar expirado possui uma elevada concentração de dióxido de carbono, pelo que a qualidade do ar nas salas de aula deve ser cuidada; e iii) apesar de a concentração aumentar, o dióxido de carbono é sempre um constituinte minoritário do ar.

Numa outra perspetiva, realça-se que as atividades realizadas familiarizaram os/as alunos/as com a utilização de instrumentos de aquisição de dados (sensores) e de visualização de múltiplas representações dos mesmos (*app SparkVUE*).

Os diálogos entre os/as estudantes e entre estes/as e as PE indicam ainda que a utilização destes dispositivos promove uma aprendizagem articulada de processos e conceitos matemáticos, como, por exemplo, da leitura de gráficos e do sentido atribuído às percentagens. Além disso, os referidos diálogos e o preenchimento das folhas de registo permitiram constatar que os sensores de dióxido de carbono favorecem o confronto entre o valor médio de dióxido de carbono presente na atmosfera e o verificado em ambientes que os/as alunos/as conhe-

cem e que apresentam diferentes características, bem como a posterior discussão sobre as diferenças identificadas e a sua importância para a saúde ambiental da escola e da zona em que se insere. Esta utilização de sensores em atividades em que as crianças observam fenômenos que lhes são familiares, enquanto adquirem e interpretam os dados, tornam a aprendizagem mais situada e contextualizada, tendo permitido a relação entre o que é observado com os sentidos e as medições efetuadas, apoiando a transição do concreto para o abstrato e reduzindo o nível de abstração das aprendizagens (Silva, Lopes, & Silva, 2013). A aquisição e o registo de dados com o sensor de dióxido de carbono contribuiu ainda para desconstruir um conjunto de concepções incorretas que os alunos tinham sobre o assunto. Durante a observação das atividades, foi ainda evidente o fator motivacional associado ao envolvimento dos/as alunos/as na utilização destes instrumentos no processo de ensino e aprendizagem, assim como a facilidade de uso dos mesmos.

Neste contexto, torna-se claro que a apresentação das atividades com os sensores de dióxido de carbono, realizada neste capítulo, pode constituir um desafio e um apoio à utilização do sensor de dióxido de carbono em contextos de aprendizagem de Ciência (Ciências Naturais e Matemática) e Tecnologia no 2º CEB. Esta utilização pode permitir às crianças aprender de forma ativa sobre as fontes de CO<sub>2</sub> na atmosfera, sobre os problemas de saúde ambiental que essas fontes podem criar e sobre formas de minimizar esses problemas.

O sensor de dióxido de carbono pode também ser utilizado com as crianças em atividades sobre sequestro de CO<sub>2</sub> (por exemplo, na fotossíntese) e sobre as consequências do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera (alterações climáticas). Estas atividades, em conjunto com as atividades apresentadas neste capítulo, permitem ainda uma abordagem prática e situada ao Ciclo do Carbono e aos problemas de saúde ambiental a ele associados.

## REFERÊNCIAS

Adey, P. (1999). *The Science of Thinking, and Science for Thinking: A Description of Cognitive Acceleration Through Science Education (CASE)*. Geneva: UNESCO, International Bureau of Education.

Ashmore, M. R., & Dimitroulopoulou, C. (2009). Personal exposure of children to air pollution. *Atmospheric Environment*, 43(1), 128–141. <http://doi.org/10.1016/J.ATMOENV.2008.09.024>

Caldeira, K., & Wickett, M. E. (2003). Anthropogenic carbon and ocean pH. *Nature*, 425(6956), 365–365. <http://doi.org/10.1038/425365a>

Carreiro-Martins, P., Viegas, J., Papoila, A. L., Aelenei, D., Caires, I., Araújo-Martins, J., ... Neuparth, N. (2014). CO<sub>2</sub> concentration in day care centres is related to wheezing in attending children. *European Journal of Pediatrics*, 173(8), 1041–1049. <http://doi.org/10.1007/s00431-014-2288-4f>

DGE. (2018). *Aprendizagens essenciais*. Consultado em <http://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-ensino-basico>

Dlugokencky, E. J., Hall, B. D., Montzka, S. A., Dutton, G., Mühle, J., & Elkins, J. W. (2018). Atmospheric composition [State of the Climate in 2017]. *Bulletin of the American Society*, 99(8), 46–57.

Feely, R. A., Sabine, C. L., Lee, K., Berelson, W., Kleypas, J., Fabry, V. J., & Millero, F. J. (2004). Impact of Anthropogenic CO<sub>2</sub> on the CaCO<sub>3</sub> System in the Oceans. *Science*, 305(5682), 362–366. <http://doi.org/10.1126/science.1097329>

Ferreira, A. M. da C., & Cardoso, M. (2014). Indoor air quality and health in schools. *Jornal Brasileiro de Pneumologia : Publicação Oficial Da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*, 40(3), 259–68. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25029649>

Lombardi, M. M. (2007). *Authentic learning for the 21st century: An overview*. Educause Learning Initiative (ELI Paper 1).

Orr, J. C., Fabry, V. J., Aumont, O., Bopp, L., Doney, S. C., Feely, R. A., ... Yool, A. (2005). Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature*, 437(7059), 681–686. <http://doi.org/10.1038/nature04095>

Prill, R. (2000). *Why Measure Carbon Dioxide Inside Buildings?* Retrieved from <http://www.energy.wsu.edu/Documents/CO2inbuildings.pdf>

Satish, U., Mendell, M. J., Shekhar, K., Hotchi, T., Sullivan, D., Streufert, S., & Fisk, W. J. (2012). Is CO<sub>2</sub> an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO<sub>2</sub> concentrations on human decision-making performance. *Environmental Health Perspectives*, 120(12), 1671–7. <http://doi.org/10.1289/ehp.1104789>

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.

Stips, A., Macias, D., Coughlan, C., Garcia-Gorriz, E., & Liang, X. S. (2016). On the causal structure between CO<sub>2</sub> and global temperature. *Nature Scientific Reports*, 6(1), 21691. <http://doi.org/10.1038/srep21691>