

Ensaio de evitamento com minhocas na avaliação de solos poluídos: uma actividade centrada na resolução de problemas para alunos do Ensino Básico

Ana Sousa
Sara C Antunes
Fernando Gonçalves
Ruth Pereira*

CESAM – Centro de Estudos do Ambiente e do Mar e Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro.

O solo é um recurso natural, praticamente não renovável, de grande valor para a humanidade que, no entanto, tem vindo a ser alvo de sérios impactos induzidos pelas mais diversas actividades antropogénicas. De forma a garantir a sua preservação, pelas gerações vindouras, é fundamental reforçar, no 3º Ciclo do Ensino Básico, a abordagem de temáticas relacionadas com a ecologia do solo, a diversidade da comunidade edáfica e suas funções e, o impacto de factores como a poluição. Para o efeito, o presente trabalho descreve a adaptação do protocolo padronizado de um ensaio comportamental com minhocas terrestres, frequentemente utilizado no rastreio de solos contaminados, com vista à sua aplicação em actividades de Ensino Experimental das Ciências (EEC), centradas na resolução de problemas, que visem abordar a temática da poluição dos solos. A actividade descrita foi desenvolvida por um pequeno grupo de alunos do 3º Ciclo do Ensino Básico, que paralelamente preencheram um questionário no início e no final da mesma. A análise estatística das respostas dos alunos aos questionários permitiu concluir que a actividade proposta poderá ser uma mais valia para iniciar familiarização dos alunos com o método científico e com a sua natureza faseada, assim como para promover aquisições conceptuais relacionadas com a temática da poluição terrestre.

Palavras-chave

ensaio de evitamento
minhocas
poluição do solo
ensino experimental das ciências
método científico

*ruthp@ua.pt

INTRODUÇÃO

O interesse dos alunos do Ensino Básico, com idades compreendidas entre os 11-14 anos, por actividades experimentais e de investigação em Ciências Naturais, pode ser estimulado através de metodologias de ensino e aprendizagem centradas na resolução de problemas. A formulação de problemas específicos pode levar a que os alunos se envolvam em actividades de investigação, no âmbito das quais são encorajados a recolher dados e a analisarem e interpretarem as evidências, através da interacção entre concepções teóricas e procedimentos práticos (Dugan e Gott, 2002; Wu, 2005; Sungur et al., 2006). Neste contexto, o processo de ensino e aprendizagem, centrado na resolução de problemas, é assumido como uma forma efectiva de promover uma aprendizagem activa, centrada no aluno (Sternier, 1998; Schmidt e Bouhuijs, 1980 *in* Ekborg, 2003; Tessier, 2003; Rehorek, 2004; Sungur et al., 2006;), assim como um método adequado para facilitar a compreensão da natureza do conhecimento científico, sua construção e continua melhoria (Mintzes et al., 2001). Em vez de uma abordagem puramente teórica dos princípios biológicos/ecológicos, as actividades experimentais, laboratoriais e de campo, permitem que os alunos construam as suas hipóteses e validem as suas teorias, ao utilizarem os seus conceitos e competências na resolução de um problema específico. Adicionalmente, este método de aprendizagem activa, promove nos alunos o sentimento de posse, o entusiasmo e aquisição a longo prazo de hábitos de aprendizagem e de resolução de problemas (Tessier, 2003). No entanto, e de forma a atingir estes objectivos, é importante que os problemas colocados pelos alunos e/ou professores constituam um desafio, e que estejam integrados no seu quotidiano e território, para que todos possam perceber com facilidade, a importância e aplicabilidade do conhecimento adquirido.

A poluição e a degradação do solo são dois dos grandes problemas ambientais à escala global, e na Europa em particular (CEC, 2006). O solo é um recurso limitado e não-renovável, dada a sua lenta taxa de formação/renovação, que tem sido profundamente afectado pelas mais diversas actividades antropogénicas. -Este recurso tem uma importância vital, resultante do seu papel na degradação de matéria orgânica e reciclagem de nutrientes com subsequente manutenção dos ecossistemas terrestres; na reciclagem de resíduos; na protecção das águas subterrâneas; no fornecimento de itens alimentares, matérias-primas e suporte físico às diversas actividades humanas. Assim, é de extrema importância que a abordagem de temas relacionados com a ecologia dos solos e ameaças à sua sustentabilidade sejam reforçadas, de forma a sensibilizar e a preparar os futuros cidadãos para processos de tomada de decisão que visem a protecção deste recurso natural.

A integração de bioensaios em actividades de ensino e aprendizagem centradas na resolução de problemas, é uma metodologia possível para abordar o impacto das actividades humanas nos recursos naturais (e.g. solo, água). Adicionalmente, a actividade experimental em causa requer um envolvimento activo e pode ser planeada no sentido de promover a cooperação dentro da sala de aula, de forma a que os alunos olhem para os resultados obtidos como produto de um esforço de equipa, à semelhança do que acontece nos laboratórios de investigação.

O ensaio de evitamento com minhocas segue um procedimento padronizado (ISO, 2008), sendo geralmente utilizado numa fase de rastreio de solos contaminados, através da avaliação do impacto no comportamento dos organismos, o qual se assume como sendo um parâmetro sensível e ecologicamente relevante (Natal da Luz, 2004; Römbke et al., 2005; Hund-Rinke et al., 2005; Lukkari e Haimi, 2005; Antunes et al., 2007).

Este ensaio apresenta diversas vantagens nomeadamente: i) desenho experimental simples; ii) recursos materiais reduzidos, o que permite aos alunos incluírem diversas réplicas para cada um dos tratamentos, sem aumentarem os custos do ensaio; iii) período de exposição reduzido (48h), o que permite a rápida obtenção de resultados, e a iv) elevada sensibilidade a diferentes tipos de contaminantes do solo, o que permite, de uma forma geral, a obtenção de resultados inequívocos e de simples interpretação. Todas estas características fazem com que o ensaio de evitamento com minhocas seja uma ferramenta útil, para actividades experimentais em ciências, centradas na resolução de problemas.

Assim este estudo teve como objectivos principais: i) adaptar o protocolo padronizado de ensaios de evitamento com minhocas (ISO, 2007) para actividades de ensino experimental das ciências (EEC) destinadas a alunos do 3º Ciclo do Ensino Básico e à abordagem do problema da poluição dos solos; ii) fazer uma primeira avaliação do contributo da actividade desenvolvida nas aquisições cognitivas e na aquisição de competências por parte dos alunos, relativamente ao método científico de construção do conhecimento. De forma atingir estes objectivos, este documento descreve:

- o procedimento simplificado do bioensaio e o material necessário;
- o desenvolvimento da actividade de ensino e aprendizagem desenvolvida por alunos do 8º Ano do Ensino Básico (13-14 anos);
- os resultados de um questionário preenchido pelos alunos antes e depois da realização da actividade.



MATERIAL E MÉTODOS

Organismo teste

O organismo teste *Eisenia andrei* Bouché é uma espécie epigeica dado que vive geralmente na camada de húmus dos solos de florestas, onde dá um forte contributo para a degradação da matéria orgânica (Eijsackers et al., 2005), não se enterrando nas camadas minerais inferiores (Römbke et al., 2005). Estes animais, com um papel extremamente importante na manutenção de uma das mais importantes funções do solo, têm uma coloração avermelhada, pequenas dimensões, ciclos de vida curtos e estão geralmente sujeitos a forças de predação elevadas. Geralmente sobrevivem a alterações das propriedades do solo (e.g. seca) prolongando o estado de casulo (Römbke et al., 2005).

Manutenção das culturas laboratoriais de Eisenia andrei

As minhocas da espécie *E. andrei*, são facilmente mantidas em laboratório em caixas de plástico, a uma temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotoperíodo $8\text{h}^{\text{L}}:16\text{h}^{\text{E}}$. O meio de cultura utilizado é composto por estrume de cavalo, desfaunado, e turfa, em partes iguais, crivados por um crivo com malha de 4-5 mm. Após mistura de ambos os componentes, adiciona-se carbonato de cálcio, para neutralização do pH e água destilada para humedecer o solo, sem que o mesmo fique saturado. Uma vez por semana as culturas são remexidas para promover o arejamento do meio e os organismos são alimentadas com uma porção adequada de papa de aveia (1 colher de papa/Kg de meio), preparada na altura e arrefecida antes de se misturar com o meio de cultura.

Material biológico e de laboratório para a actividade

- Organismos da espécie *Eisenia andrei* ou *Lumbricus terrestris* (podem ser solicitadas em Universidades com laboratórios de Ecotoxicologia Terrestre que em Portugal se encontram nas Universidades de Aveiro e Coimbra, ou compradas a produtores de vermicomposto);
- Amostras de solo (pelo menos um solo potencialmente contaminado e um solo de referência não contaminado, localizado próximo da área contaminada, em estudo);
- Caixas de plástico (e.g. caixas para venda de comida confeccionada) com cerca de 25,5 X 17,4 X 6,5 cm, cobertas com tampa;
- Colheres; balança; crivo de 4 ou 5mm; pequenos cartões; esguicho de água; baldes de plástico; caneta de acetato; película aderente (apenas para caixas sem tampa); luvas; máscaras de cirurgia.

Procedimento do ensaio de evitamento

Preparação do ensaio

1. Na base de cada caixa, desenhar uma linha média que irá separar dois compartimentos iguais (Figura 1a);
2. Com uma caneta de acetato, escrever na tampa, de um dos lados da caixa a palavra “**Referência**” e do outro lado “**Solo teste ou solo contaminado**”;
3. Colocar um cartão, no interior da caixa, sobre a linha média previamente desenhada (Figura 1a);
4. Crivar as amostras de solo (solo contaminado e solo de referência) por um crivo de 4-5mm;
5. Seleccionar indivíduos adultos (com clitelo¹) com uma massa de 300-600mg;
6. 24h antes do ensaio, remover os organismos do meio de cultura e colocá-los no solo de referência para aclimatização.

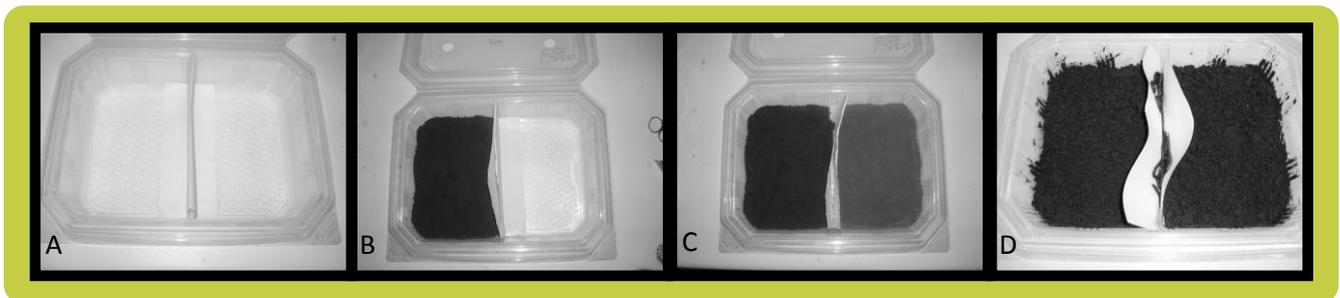


FIGURA 1: Imagens ilustrativas da preparação do ensaio de evitamento com *Eisenia andrei*. A – Desenho da linha média em cada uma das caixas e colocação do cartão separador. B – Adição de um dos solos a um dos lados da caixa de teste. C – Solo teste e solo de referência colocados em lados opostos da caixa. D – Colocação de dez organismos adultos entre os cartões separadores.

Início do ensaio

1. Pesar, em baldes separados, a quantidade de solo de referência e de solo contaminado necessário para 5 réplicas (cerca de 200-250g de solo por réplica);
2. Adicionar lentamente água destilada a cada um dos solos, mexendo activamente, de forma a evitar que fiquem saturados e de modo a que fiquem com humidades semelhantes. Este passo é particularmente importante porque a humidade é um factor ao qual estes organismos são bastante sensíveis e que pode actuar como um factor de confusão na sua resposta comportamental.

¹ Clitelo – Estrutura reprodutora das oligoquetas caracterizada por anel protuberante de cor esbranquiçada resultante da produção de muco. Esta estrutura é responsável pela produção do casulo e encontra-se apenas nas minhocas adultas.

3. Pesar 200 a 250g de solo de referência (peso igual para ambos os solos e para cada uma das réplicas) e colocar no lado correspondente da caixa de plástico. Efectuar o mesmo procedimento para 5 réplicas (Figura 1B);
3. Efectuar o mesmo procedimento para o solo teste ou solo contaminado, colocando-o do lado oposto das caixas (Figura 1C);
4. Retirar o cartão de separação entre os dois solos.
5. Adicionar 10 minhocas adultas a cada uma das caixas, colocando-as na linha média de separação dos dois solos (Figura 1D); Cobrir ligeiramente os organismos sem provocar a mistura dos solos
6. Perfurar ligeiramente a tampa da caixa ou a película aderente para permitir o arejamento, sem contudo produzir grandes aberturas que permitam a fuga das minhocas.
7. Colocar as caixas nas mesmas condições de temperatura e luminosidade definidas para as condições de cultura, durante 48h.
 - NOTA: Se em alternativa a um cartão forem usados dois, as minhocas podem ser colocadas entre os dois cartões, os quais são removidos posteriormente para dar início ao ensaio (Figura 1D).

Finalização do ensaio

1. Após 48h de exposição, reintroduzir o cartão na linha média da caixa. Os cartões devem ser introduzidos com cuidado de forma a não danificar as minhocas que aí se possam encontrar;
2. Contar o número de minhocas que se encontra em cada um dos solos (solo de referência e solo contaminado ou solo teste);
3. Os organismos que se encontram na linha média são contabilizados como 0,5 para cada um dos solos;
4. Calcular a percentagem de evitamento para cada um dos solos e fazer a média para as 5 réplicas;
5. O solo teste é considerado tóxico, ou com a sua função de *habitat* para *Eisenia andrei* comprometida, quando mais de 80% dos organismos o evitaram (Hund-Rinke e Wiechering, 2001).

Enquadramento da actividade no Ensino Experimental das Ciências

De forma a confrontar os alunos com o problema conducente à sua actividade de investigação foi feita uma breve introdução teórica pelo professor, para introduzir conceitos básicos sobre o compartimento solo, nomeadamente: a composição da matriz solo; as principais funções do solo; os *taxa* edáficos² dominantes, o seu papel no solo e a importância para a manutenção das suas funções. Consideramos que a contextualização é fundamental nesta fase, para que os alunos se possam situar na problemática global e adquirir as bases fundamentais à construção de teorias e hipóteses devidamente centradas nessa problemática. No contexto da actividade descrita, foi ainda particularmente importante porque promoveu a discussão em torno dos problemas associados à poluição do solo. Após este momento inicial, os alunos foram confrontados com a seguinte questão:

“SERÃO OS SOLOS CONTAMINADOS UM HABITAT ADEQUADO PARA AS ESPÉCIES EDÁFICAS?”

Esta questão estava integrada no guião do aluno, o qual solicitava seguidamente a formulação de uma possível resposta (hipótese) para a mesma. Desta forma os alunos iniciaram o seu percurso, de forma mais ou menos livre, seguindo o método científico, através da formulação de hipóteses antes da apresentação do

² Taxa edáficos – grupos taxonómicos do solo.

desenho experimental. Posteriormente o ensaio de evitamento com minhocas foi introduzido, como uma metodologia para avaliação da qualidade de solos como *habitat* para invertebrados. Isto é, para avaliação da possível deterioração das propriedades de um solo, em função de processos como a contaminação química. De forma a permitir o teste de hipóteses, o docente solicitou aos alunos que se organizassem e que trouxessem para o tempo lectivo seguinte um possível solo contaminado (e.g. solo de um terreno agrícola familiar onde houvesse conhecimento da aplicação de pesticidas) e de um solo que lhes parecesse ser de boa qualidade para ser utilizado como solo de referência (e.g. solo com coberto florestal, sobretudo de espécies autóctones). Nesta fase o professor apresentou ainda algumas recomendações relativamente aos cuidados a ter durante a colheita de solo, nomeadamente no que refere à utilização de luvas e de máscaras para evitar a inalação de partículas tóxicas.

No tempo lectivo seguinte, os alunos realizaram os ensaios de evitamento com *E. andrei*, avaliando os solos trazidos por eles, e seguindo o procedimento experimental descrito no guião do aluno; este guião foi

acompanhado de diversas questões, de forma a apoiar o desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos, sobre os procedimentos em execução. A actividade ocupou dois tempos lectivos (Tabela 1), sendo que no segundo tempo

TABELA 1: Período de tempo necessário para cada uma das etapas da actividade EEC descrita.

	Tempo requerido (min)
Questionário pré-actividade	15
Introdução teórica, formulação do problema e das hipóteses	30
Início do ensaio de evitamento com <i>Eisenia andrei</i>	45
Finalização do ensaio e conclusões	30
Questionário pós-actividade	15

os alunos terminaram o ensaio, registaram, analisaram e discutiram os resultados e validaram as suas hipóteses (Tabela 1).

Avaliação da Actividade Experimental

A avaliação da actividade teve como objectivo verificar a sua influência na mudança de atitudes dos alunos relativamente às aulas de Ciências Naturais; na promoção das aquisições cognitivas e de capacidades relacionadas com metodologias de avaliação da qualidade de solos; na percepção dos diferentes factores que podem comprometer essa qualidade e na compreensão das diferentes etapas do método científico. Como instrumento de avaliação foi elaborado um questionário preenchido pelos alunos antes e após a realização da actividade (Tabela 1, Anexo 1). Este questionário era composto por treze questões: 5 questões abertas e 8 questões fechadas. Duas destas últimas eram questões de escolha múltipla (Anexo 1). A primeira questão tinha como objectivo fazer uma caracterização social do aluno. A segunda e a terceira questão procuravam perceber o grau de sucesso dos alunos na sua escolaridade e as disciplinas preferidas. As cinco questões seguintes tinham como objectivo obter informação sobre: a) os sentimentos dos alunos relativamente às aulas de ciências; b) o tipo de actividade de ensino-aprendizagem que preferiam e aquele que na opinião deles lhes proporcionava maiores oportunidades de adquirirem conhecimentos; c) o desenvolvimento de actividades de ensino experimental em ciências nas aulas da disciplina, e a opinião dos alunos sobre os objectivos que podiam ser alcançados com essas actividades. As quatro questões seguintes centraram-se sobretudo na contaminação dos solos e pretendiam verificar se os alunos eram capazes de sugerir metodologias para avaliação da contaminação do solo e se, na opinião deles, as espécies edáficas podiam ser usadas para esse fim. Mormente, procurou-se saber se os alunos

eram capazes de identificar as principais causas de degradação do solo. A última questão do instrumento de recolha de dados, do tipo fechado, estava relacionada com o método científico, e solicitava aos alunos para ordenarem correctamente as diferentes etapas do mesmo.

Adicionalmente, e com o objectivo de promover o pensamento crítico dos alunos e de os ajudar a questionar e compreender os procedimentos a executar, no guião do aluno (a par com a descrição do procedimento do ensaio de evitamento com minhocas; *ver acima*) foram colocadas diversas questões abertas. As respostas dos alunos às mesmas foram devidamente codificadas e posteriormente submetidas a análise estatística descritiva de forma a dar um contributo para a avaliação da actividade descrita.

Análise estatística dos dados

A análise do resultados foi iniciada pela codificação das respostas às questões do guião do aluno e dos questionários preenchidos, antes e após a realização da actividade. No que concerne à questão de ordenação das diferentes etapas do método científico, para cada indivíduo contou-se o número de etapas correctamente ordenado e atribuiu-se o valor correspondente. Assim, e a título de exemplo, quando apenas as duas primeiras etapas estavam ordenadas correctamente, e a terceira já estava errada, comprometendo a sequência a partir daí, foi atribuído o código 2.

As questões foram elaboradas para atingir diferentes objectivos, pelo que diferentes métodos estatísticos foram aplicados para avaliar a existência de diferenças estatísticas nas respostas dadas pelos alunos aos questionários pré- e pós-actividade. Assim, questões fechadas com apenas uma resposta possível (questões 5 e 10) e a questão relativa à ordenação das etapas do método científico (questão 13) foram analisadas por um teste-t de amostras relacionadas (questão 5) ou, em alternativa, quando os pressupostos deste teste estatístico não puderam ser cumpridos, por um teste não paramétrico de Wilcoxon (questões 10 e 13). Ambos os procedimentos estatísticos testaram a hipótese de ausência de diferenças significativas entre as respostas dos alunos aos questionários efectuados em momentos diferentes. Para as questões de escolha múltipla, como as questões 8 e 12, foram construídas tabelas de contingência³, posteriormente analisadas estatisticamente pelo teste paramétrico do Qui-quadrado (Zar, 1999; Pereira, 2006). Este teste avalia a hipótese de ausência de diferenças significativas entre as proporções em que cada uma das respostas possíveis foi escolhida, nos dois questionários (Zar, 1999; Pereira e tal., 2006). A questão 4 (“*Diz se gostas/não gostas das seguintes actividades de ensino e aprendizagem em ciências*”) foi analisada por uma análise de variância de medidas repetidas, que testa a hipótese de o factor tempo, referente ao momento em que o questionário foi preenchido, não afectar significativamente a apreciação dos alunos sobre os diferentes tipos de actividade. Todos os testes estatísticos acima descritos foram aplicados com base no pressuposto que as duas amostras de respostas dos alunos não eram independentes (Zar, 1999).

RESULTADOS

Os dados obtidos correspondem a um grupo de alunos (n=35) de uma escola de uma zona semi-rural da região centro de Portugal (concelho de Viseu). Este grupo de alunos era constituído por 15 indivíduos do género feminino (42,9%) e 20 indivíduos do género masculino (57,1%) com idade média de 13,4±0,8 anos.

³ Tabelas de contingência – tabelas que representam a relação entre duas ou mais variáveis, mostrando as frequências registadas para as categorias de uma variável e função das categorias da outra variável.

A maioria dos alunos tinha pais trabalhadores dos sectores da Indústria e dos Serviços (69,0%, n=20), enquanto que as mães eram sobretudo donas de casa, sem qualquer actividade profissional especificada (52,9%, n=18). A maioria dos alunos nunca tinha ficado retida em qualquer nível de escolaridade frequentado (n=65,7%, n=23). No que refere às disciplinas preferidas, a Educação Física foi apontada pela grande maioria dos alunos (82,9%, n=29) seguida das Ciências Naturais (57,1%, n=20) (Figura 2). Quando questionados sobre se gostavam/não gostavam de diferentes tipos de actividades de ensino e aprendizagem em ciências a grande maioria dos alunos considerou apreciar as actividades experimentais (71,4%, n=25), a visualização de documentários científicos (74,3%, n=26) e as actividades fora da sala de aula, como as visitas de estudo (88,6%, n=31) ou as actividades científicas de campo (74,3%, n=26) (Figura 3).

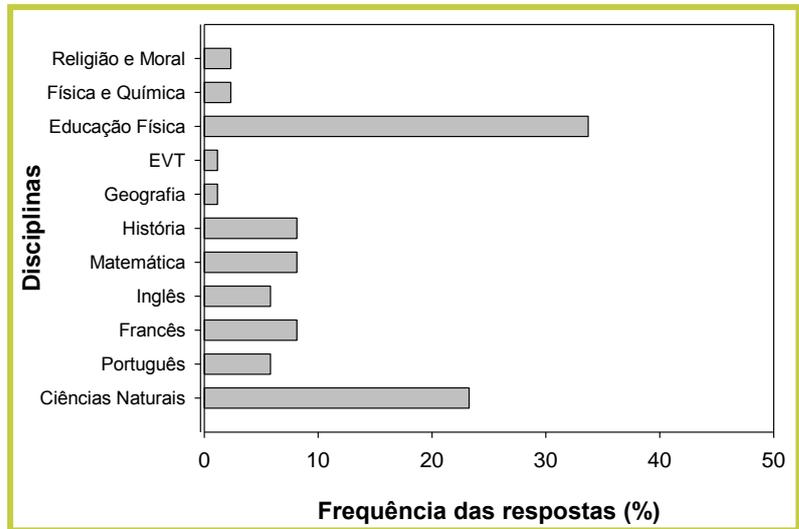


FIGURA 2: Preferência dos alunos pelas diferentes disciplinas.

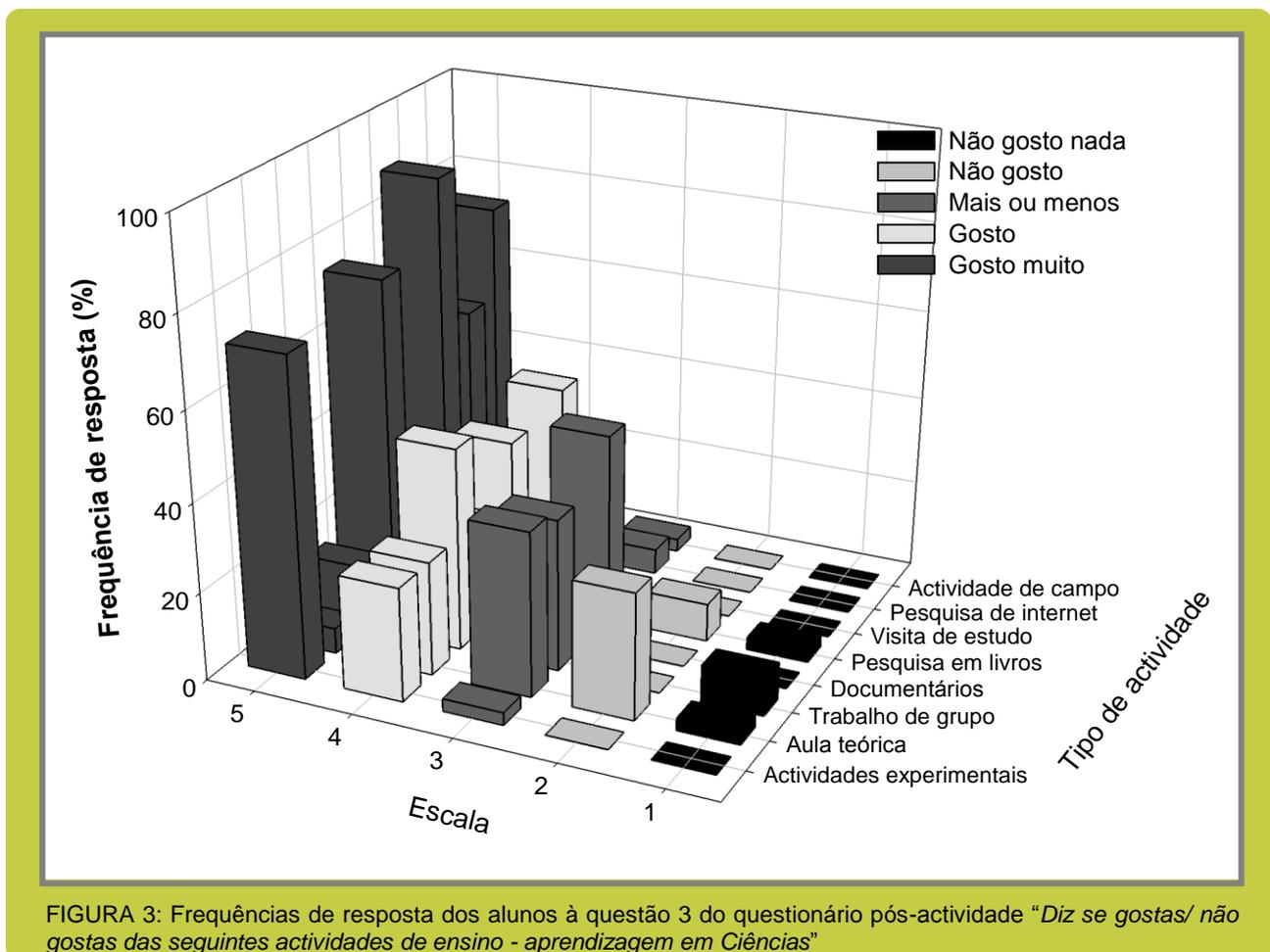


FIGURA 3: Frequências de resposta dos alunos à questão 3 do questionário pós-actividade "Diz se gostas/ não gostas das seguintes actividades de ensino - aprendizagem em Ciências"

A análise de variância de medidas repetidas revelou a ausência de uma interacção significativa entre as preferências dos alunos e o momento em que o questionário foi preenchido ($F=0,863$; d.f.=14; $p=0,600$). Contudo, foi registada uma diferença estatística significativa ($F=13,161$; d.f.=7, $p<0,001$) nas preferências dos alunos pelos diferentes tipos de actividade de ensino e aprendizagem em ciências. O teste de comparações múltiplas de amostras relacionadas de Holms-Sidak (Zar, 1999), mostrou que a preferência dos alunos pelas aulas teóricas foi significativamente diferente, tendo sido inferior à registada pelas outras actividades. No que refere ao tipo de actividades ensino e aprendizagem que os alunos consideraram que lhes poderia proporcionar uma maior aquisição de conhecimentos (questão 5), não se registaram diferenças significativas nas respostas dadas a ambos os questionários ($t=-5,814E-015$; d.f.=7; $p=1,000$). Antes da realização da actividade nenhum dos alunos havia respondido positivamente à questão 6 (*Já realizaste alguma actividade de ensino experimental das ciências ou alguma actividade de ciências fora da sala de aula, este ano lectivo?*). Após terem participado neste estudo metade dos alunos (48,6%, $n=17$) responderam positivamente, o que sugere que perceberam correctamente o tipo de actividade que haviam realizado. A análise estatística revelou diferenças significativas nas frequências das respostas escolhidas pelos alunos para a questão 8, de escolha múltipla, relativa à utilidade das actividades de EEC, entre os questionários pré e pós-actividade ($\chi^2=0,654$; d.f.=9; $p<0,005$).

A grande maioria dos alunos considerou que as aulas de ciências, em que se realizam actividades de EEC são importantes para: i) observar os fenómenos descritos nos livros (28,6%, $n=10$); ii) para testar hipóteses (57,1%, $n=20$); iii) para adquirir novos conhecimentos (60%, $n=21$); iv) para aprender a trabalhar com material de laboratório (71,4%, $n=25$) e v) para terem aulas mais divertidas (82,9%, $n=29$) (Figura 4). A grande maioria destas respostas foi seleccionada por uma percentagem superior de alunos no questionário pós-actividade (Figura 4).

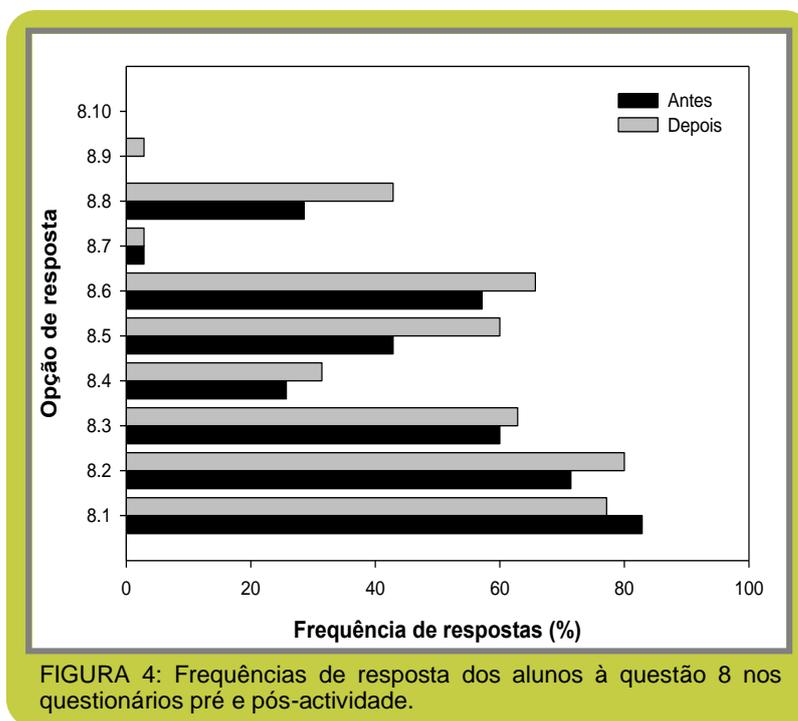


FIGURA 4: Frequências de resposta dos alunos à questão 8 nos questionários pré e pós-actividade.

As propostas dos alunos para avaliação de solos contaminados (questão 9) alteraram-se consideravelmente após a realização da actividade descrita neste estudo. Enquanto que a maioria dos alunos começou por não apresentar qualquer metodologia (40,0%, $n=14$) ou por propor apenas análise químicas (31,4%, $n=11$), após a actividade de EEC, 71,5% dos alunos ($n=19$) sugeriram o uso de seres vivos para comparar solos poluídos com solos não poluídos. Adicionalmente, após a actividade, foi também registado um aumento significativo no número de alunos que deram uma resposta afirmativa à questão 10 ($W=-91,000$; d.f.=35; $p<0,001$), sobre a existência de seres vivos passíveis de serem usados como indicadores da qualidade do solo. As minhocas e as bactérias estiveram entre os organismos mais indicados para este fim. Quando questionados sobre os principais factores responsáveis pelo comprometimento da qualidade do solo

(questão 12), os fogos (51,4%, n=18), os pesticidas (42,9%, n=15) e a destruição das florestas (45,7%, n=16) foram os mais indicados (Figura 5). Foram registadas diferenças significativas nas frequências de respostas seleccionadas, entre ambos os questionários ($\chi^2=0,760$; d.f.=10; $p<0,005$).

No que refere à questão 13, que tinha como objectivo avaliar a capacidade dos alunos para ordenarem correctamente as diferentes etapas do método científico, verificou-se que a maioria dos alunos ignoraram a primeira etapa “*observar a*

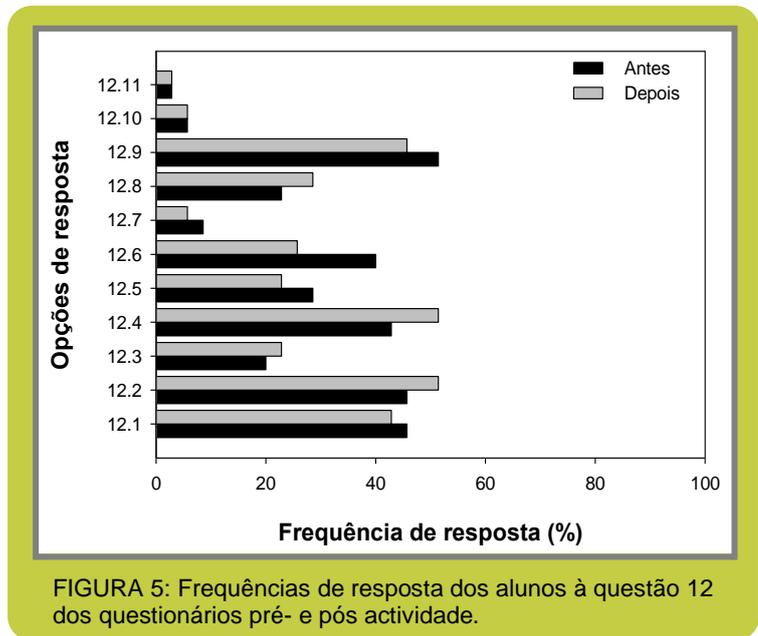


FIGURA 5: Frequências de resposta dos alunos à questão 12 dos questionários pré- e pós actividade.

natureza, os seres vivos e os fenómenos naturais” antes (85,7%, n=30) e depois (80%, n=28) da realização da actividade proposta, respectivamente. Isto levou a que todas estas respostas recebessem o código zero e não fossem consideradas para análise. Contudo, eliminando esta primeira etapa e codificando de novo as respostas da forma acima descrita, a análise estatística dos resultados mostrou a ocorrência de uma diferença estatística significativa entre o primeiro e o segundo questionário ($W=75,000$; d.f.=35, $p=0,017$), com um número médio de etapas ordenadas correctamente superior no questionário pós-actividade.

Os alunos executaram o protocolo para o ensaio de evitamento descrito no guião do aluno, organizados em grupos de trabalho. Após a apresentação da questão-problema a grande maioria dos alunos (76,7%, n=23) formularam a hipótese: “*A POLUIÇÃO É PREJUDICIAL PARA OS SERES VIVOS E PARA O SEU HABITAT LOGO, SE O SOLO ESTIVER POLUÍDO OS SERES VIVOS NÃO TÊM CONDIÇÕES PARA NELE VIVEREM*”.

Outras duas hipóteses similares foram formuladas pelos alunos, com o intuito de darem uma resposta ao problema apresentado pelo professor:

SE O SOLO ESTIVER POLUÍDO, OS SERES VIVOS NÃO TÊM CONDIÇÕES PARA VIVER (13,3%, n=4);
AS MINHOCAS APENAS VIVEM EM SOLOS NÃO POLUÍDOS E HUMEDECIDOS (10%, n=3).

Todos os alunos executaram o protocolo experimental com sucesso, sem a intervenção do professor (Figura 6a-f). Quando questionados sobre o motivo pelo qual a água havia sido adicionada a ambos os solos, 46,7% (n=14) dos alunos apenas reponderam “*PARA OS SOLOS FICAREM HÚMIDOS*”. Contudo 33,0% (n=10) dos alunos foram capazes de relacionar as condições do solo com as condições do *habitat* preferidas pelas minhocas ao responderem: “*PORQUE O SOLO HÚMIDO É O HABITAT PREFERIDO DAS MINHOCAS*”. Outras respostas foram ainda dadas por uma pequena percentagem de alunos, nomeadamente: “*PARA ASSEGURARMOS QUE OS SOLOS NÃO FICAM POLUÍDOS*” (10,0%, n=3) “*PARA EVITAR A MORTE DAS MINHOCAS*” (3,3%, n=1).



FIGURA 6: Imagens ilustrativas da realização do ensaio de evitamento pelos alunos. a) lavagem das minhocas; b) pesagem dos solos; c-d) colocação das minhocas nas caixas do ensaio; e) contagem das minhocas no fim do ensaio; f) análise e discussão dos resultados com o apoio do guião do aluno.

No que refere à capacidade de os alunos preverem os resultados, a maioria (76,7%, n=23) foi capaz de descrever o que esperava observar no final do ensaio, nomeadamente a capacidade de as minhocas seleccionarem o solo não poluído, 48h após o início da exposição.

Quando se questionou os alunos sobre as razões que teriam levado à utilização de um solo de referência, não contaminado, foram dadas respostas diferentes, contudo, apenas 30,0% (n=9) se podem considerar correctas: “O SOLO DE REFERÊNCIA FOI USADO PARA REGISTAR A PREFERÊNCIA DAS MINHOCAS POR ESSE SOLO, RELATIVAMENTE AO OUTRO SOLO”. As outras respostas consideraram-se incorrectas ainda que tenham abordado noções correctas, nomeadamente: “O SOLO DE REFERÊNCIA TEM CONDIÇÕES PARA A SOBREVIVÊNCIA DAS MINHOCAS” (30,0%, n=9); “O SOLO DE REFERÊNCIA TEM QUALIDADE” (20,0%, n=6) e “APENAS DESTE MODO PODEMOS TESTAR SE AS MINHOCAS PREFEREM O SOLO DE REFERÊNCIA” (13,3%, n=4).

Os resultados obtidos indicaram que os alunos, em geral, compreenderam relativamente bem a actividade que desenvolveram. Adicionalmente, apresentaram conclusões bastante satisfatórias para os resultados obtidos como sejam: “A HIPÓTESE PODE SER ACEITE UMA VEZ QUE AS MINHOCAS SELECIONARAM O SOLO DE REFERÊNCIA” (90,0%, n=27) e 10% (n=3) formularam uma justificação um pouco mais complexa: “A HIPÓTESE PODE SER ACEITE PORQUE AS MINHOCAS SELECIONARAM O SOLO DE REFERÊNCIA, QUE LHES DÁ ALIMENTO DE QUALIDADE E O SOLO POLUÍDO NÃO”.

Os resultados do ensaio de evitamento realizado pelos alunos foram registados pelos mesmos numa tabela, tal como lhes era solicitado no guião do aluno. Estes resultados demonstraram que a vasta maioria dos organismos preferiram o solo de referência, em todas as réplicas.

 **DISCUSSÃO**

À medida que a população mundial aumenta, a necessidade de avaliar o estado de degradação dos solos através de ensaios de toxicidade e de tomar medidas para proteger este recurso vital aumenta também (Lukkari e Haimi, 2005). Alguns autores sugeriram já que os ensaios de toxicidade são um bom método para envolver os alunos na avaliação da poluição ambiental (e.g. Pyatt e Storey, 1999; Rice e Maness, 2004; Antunes e Pereira, 2007). Contudo, esta foi a primeira vez, pelo menos que seja do nosso conhecimento, que um ensaio de toxicidade sub-letal para avaliar a qualidade do solo, foi adaptado a uma actividade de EEC centrada na resolução de problemas. Os ensaios de toxicidade diferem dos testes de toxicidade, porque os primeiros avaliam amostras ambientais contaminadas (e.g. solos, águas, efluentes, lamas), enquanto que os últimos são aplicados para se avaliar a toxicidade de soluções químicas ou de solos contaminados em laboratório. Assim, os ensaios de toxicidade podem ser utilizados na avaliação de situações concretas de poluição, inseridas no território dos alunos, ajudando-os a compreender melhor a ecologia dos diferentes compartimentos ambientais (Slingsby, 2003), assim como o impacto que as diferentes actividades humanas têm na sustentabilidade destes ecossistemas. Adicionalmente, os ensaios ecotoxicológicos integrados em actividades de EEC, podem ser igualmente úteis para os alunos fazerem a ligação entre o ambiente e o laboratório.

A actividade de EEC descrita, centrada na resolução de problemas, guiou os alunos pelo questionamento, na formulação de hipóteses e na escrita de comentários e conclusões. Esta estrutura de trabalho foi coincidente com as estratégias recomendadas pelo Currículo Nacional para o Ensino das Ciências (Galvão e tal., 2001). Adicionalmente, verificou-se que o trabalho em grupo, na resolução de problemas, proporciona o ambiente adequado para a discussão e a instrução por pares vai decorrendo com naturalidade. As ligações cooperativas são igualmente estimuladas, o que contribui para tornar o ambiente dentro da sala de aula mais agradável (Cooper et al., 2006). Contudo, e embora seja apropriado que os professores apenas se mantenham como observadores e facilitadores da actividade, estes devem estar cientes da possibilidade de surgirem conceitos desconhecidos para os alunos (e.g. solo de referência, hipótese etc.). Contudo, isto são conceitos-chave e palavras-chave que devem fazer parte do trabalho de pesquisa dos alunos.

O organismo utilizado neste ensaio tem a vantagem de poder ser facilmente obtido, o que em conjunto com os baixos custos do ensaio, a sua simplicidade e curta duração, faz com que esta actividade seja apropriada para alunos e escolas do Ensino Básico. Os resultados do ensaio realizado mostraram a preferência inequívoca das minhocas pelo solo de referência, o que permitiu que os alunos fossem capazes de estabelecer conclusões correctas sobre os resultados obtidos. Contudo, é importante salvaguardar a possibilidade de isto nem sempre acontecer, na medida em que as propriedades do solo podem influenciar significativamente o comportamento destes organismos (Sousa et al., 2008).

No início da actividade os alunos mostraram alguma repugnância no manuseamento dos organismos teste, sentimentos que se alteraram durante a actividade. Inclusivamente, o manuseamento de organismos vivos tornou-se um dos factores motivadores. Tal como Yore e Boyer (1997) demonstraram, os alunos que têm um contacto directo com diferentes organismos geralmente desenvolvem atitudes positivas face às outras espécies. Deste modo, este pode ser outro objectivo a alcançar pela actividade de EEC descrita.

O questionário demonstrou que as “Ciências Naturais” era uma das disciplinas favoritas dos alunos, que acrescentaram ainda preferir o tipo de actividades de ensino e aprendizagem onde têm um envolvimento mais directo (e.g. actividades de ensino experimental, visitas de estudo). Este aspecto é consistente com as observações efectuadas por outros autores, de acordo com os quais os alunos deste nível de ensino esperam que a Ciência seja um tema de carácter mais prático (Braund e Driver, 2005). Contudo, pelo menos nesta escola, as actividades de EEC foram as menos seleccionadas como estratégia possível de ensino e aprendizagem em ciências. O possível recurso limitado a este tipo de actividades por parte dos professores pode ter condicionado este tipo de resposta, um facto corroborado pela dificuldade que os alunos também demonstraram em ordenar as diferentes etapas do método científico, antes de terem estado envolvidos na actividade de EEC descrita. Mesmo após a actividade, os alunos não foram capazes de perceberem que novas questões/problemas que impulsionam a investigação científica surgem da nossa capacidade de observarmos a natureza, os seres vivos e os fenómenos naturais. Este constrangimento pode também ter resultado da estratégia usada pelo docente que acompanhou a actividade para conduzir os alunos ao problema, na medida em que a mesma se iniciou por uma abordagem teórica à poluição do solo. Em alternativa, os professores podem iniciar a actividade com uma visita a uma área contaminada (e.g. área mineira), onde a degradação do solo seja evidente, para estimular os alunos à formulação do problema. Adicionalmente, outra questão pode ser formulada para conduzir à actividade descrita, nomeadamente: *ESTARÁ O SOLO POLUÍDO, A PONTO DE A SUA FUNÇÃO DE HABITAT PARA OS ORGANISMOS TERRESTRES ESTAR COMPROMETIDA?*

Tal como foi possível observar, os alunos envolvidos neste estudo, de uma maneira geral, não tiveram dificuldades em tirar conclusões sobre os resultados observados no ensaio. Contudo, as suas conclusões não eram validações precisas das hipóteses previamente formuladas. Foi evidente o facto de os alunos não possuírem o conceito correcto de hipótese e muito menos de hipótese nula e alternativa. Tal como McPherson (2001) reforçou, a aplicação do método científico, incluindo a formulação e o teste de hipóteses, é uma das poucas actividades exclusivas da Ciência, pelo que a compreensão do método científico cria fundações sólidas para a literacia científica. Ainda que seja evidente que uma única actividade de EEC centrada na resolução de problemas não seria de todo suficiente, para atingir este objectivo, os resultados obtidos sugerem que a actividade descrita é um bom ponto de partida para iniciar a familiarização dos alunos com o método científico e com a sua natureza faseada, assim como para promover algumas aquisições conceptuais.

A actividade de EEC sugerida neste trabalho pode ser classificada como sendo de grau I, segundo Grau (1994), na medida em que o problema e o desenho experimental foram propostos pelo professor. Este mesmo autor sugere que a autonomia dos alunos na formulação de questões e na concepção de desenhos experimentais aumenta à medida que estes adquirem mais experiência.

Em suma, o ensaio de evitamento com minhocas é uma ferramenta útil para abordar o problema da poluição do solo, no currículo de Ciências Naturais, do 3º Ciclo do Ensino Básico e para promover a aplicação do método científico aos processos de ensino e aprendizagem em ciências.

agradecimentos • Os autores estão gratos à professora Sofia Marques e aos seus alunos da Escola E.B. 2,3 de Silgueiros, à data de desenvolvimento do presente estudo, pela sua participação e colaboração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antunes SC, Pereira R (2007). Os Testes de Toxicidade na Avaliação da Qualidade da Água. *In*: F Gonçalves, R Pereira, MJ Pereira, U Azeiteiro (eds.), *Actividades Práticas em Ciências e Educação Ambiental*. Editora Piaget, Lisboa, Portugal, pp.195-210.
- Antunes SC, Castro B, Pereira R, Gonçalves F (2007). Contribution for tier I of the ecological risk assessment of Cunha Baixa uranium mine (Central Portugal): II soil ecotoxicological screening. *The Science of the Total Environment* 390: 387-395.
- Braund M, Driver M (2005). Pupils' perception of practical science in primary and secondary school: implications for improving progression and continuity of learning. *Educational Research* 47(1): 77-91.
- CEC – Commission of the European Communities (2006). Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing a Framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC. COM (2006)232 final. Brussels.
- Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/com_2006_0232_en.pdf. Acedido em 28 Setembro de 2009.
- Cooper S, Hanmer D, Cerbin B (2006). Problem-solving modules in large introductory biology teacher: enhance student understanding. *The American Biology Teacher* 68(9): 524-529.
- Dugan S, Gott R (2002). What sort of science education do we really need? *International Journal of Science Education* 24(7): 661-679.
- Eijsackers H, Beneke P, Maboeta M, Louw JPE, Reinecke A J (2005). The implications of copper fungicide usage in vineyards for earthworm activity and resulting sustainable soil quality. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 62: 99-111.
- Ekborg M (2003). How student teachers use scientific conceptions to discuss a complex environmental issue. *Journal of Biological Education* 37(3): 126-132.
- Galvão C, Neves A, Freire AM, Lopes AM, Santos MC, Vilela MC, Oliveira MT, Pereira M (2001). Ensino Básico: Ciências Físicas e Naturais – Orientações Curriculares para o 3º Ciclo do Ensino Básico. Ministério da Educação, pp. 1-38.
- Gibson DJ, Middleton BA, Saunders GW, Mathis M, Weaver WT, Neely J, Rivera J, Oyler M (1999). Learning ecology by doing ecology. Long-term field experiments in succession. *The American Biology Teacher* 61(3): 217-222.
- Grau R (1994). Qué es lo que hace difícil una investigación? Didáctica de las Ciencias Experimentales. Editorial Graó, España. *Alambique* 2: 27-36.
- Havel JE, Barnhart MC, Greene JS (1997). Experimental Investigations of water quality: the bioassay. *The American Biology Teacher* 59(6): 349-352.
- Hund-Rinke K, Wiechering H (2001). Earthworm avoidance test for soil assessments. An alternative for acute and reproduction tests. *Journal of Soils & Sediments* 1(1): 15-20.
- Hund-Rinke K, Lindemann M, Simon M (2005). Experiences with novel approaches in earthworm testing alternatives. *Journal of Soils & Sediments* 5(4): 233-239.
- ISO – International Organization for Standardization (2008). Soil quality – Avoidance test for determining the quality of soils and the effects of chemicals on behaviour. Part 1 – Test with earthworms (*Eisenia fetida* and *Eisenia andrei*). International Standard Organization Guideline nº 17512-1.
- Lukkari T, Haimi J (2005). Avoidance of Cu- and Zn-contaminated soil by three ecologically different earthworm species. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 62(1): 35-41.
- McPherson GR (2001). Teaching & learning the scientific method. *The American Biology Teacher* 63(4): 242-245.
- Mintzes JJ, Wandersee JH, Novak JD (2001). Assessing understanding in biology. *Journal of Biological Education* 35(3): 118-124.
- Natal da Luz T, Ribeiro R, Sousa JP (2004). Avoidance tests with collembola and earthworms as early screening tools for site-specific assessment of polluted soils. *Environmental Toxicology and Chemistry* 23(9): 2188-2193.

- Pereira A (2006). SPSS. Guia prático de utilização. Edições Sílabo. 6ª Edição, Lisboa, 243 pp.
- Pyatt FB, Storey DM (1999). Toxicity testing using *Daphnia magna* Straus in student assessment of water pollution. *Journal of Biological Education* 33 (3): 164-170.
- Rehorek S (2004). Inquiry-based teaching: an example of descriptive science in action. *The American Biology Teacher* 66(7): 493-499.
- Rice SA, Maness IB (2004). Brine shrimp bioassays: a useful technique in biological investigations. *The American Biology Teacher* 66(3): 208-215.
- Römbke J, Jänscha S, Didden W (2005). The use of earthworms in ecological soil classification and assessment concepts. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 62(2): 249-265.
- Slingsby D, Barker S (2003). Making connections: biology, environmental education and education for sustainable development. *Journal of Biological Education* 38(1): 4-5.
- Sousa A, Pereira R, Antunes SC, Cachada A, Pereira E, Duarte AC, Gonçalves F, 2008. Validation of avoidance assays for the screening assessment of soils under different anthropogenic disturbances. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 71: 661-670.
- Sterner RT (1998). The scientific method: an instructor's flow chart. *The American Biology Teacher* 60(5): 374-378.
- Sungur S, Tekkaya C, Geban O (2006). Improving achievement through problem-based learning. *Journal of Biological Education* 40(4): 155-160.
- Tessier J (2004). Ecological problem-based learning: An environmental consulting task. *The American Biology Teacher* 66(7): 477-484.
- Tessier J (2003). Applying plant identification skills: to actively learn the scientific method. *The American Biology Teacher* 65(1): 25-29.
- Wu Y e Tsai C (2005). Effects of constructivist-oriented instruction on elementary school students' cognitive structures. *Journal of Biological Education* 39(3): 113-119.
- Yore LB, Boyer S (1997). College students' attitudes towards living organisms: the influence of experience and knowledge. *The American Biology Teacher* 59(9): 558-563.
- Zar, J. H. (1999). Biostatistical analysis. Prentice Hall, Upper Saddle River (NJ), USA, 929 pp.

ANEXO I • Questionário

1. Dados pessoais:

- Idade: _____ • Género: masculino feminino
- Morada: _____ • Pessoas com quem habita: _____
- Profissão do Pai: _____ • Profissão da Mãe: _____

2. Durante a minha escolaridade (selecciona a opção correcta com um X):

Nunca fiquei retido Fiquei retido No _____ ano

3. As disciplinas que mais gosto são:

4. Diz se gostas/não gostas das seguintes actividades de ensino e aprendizagem em Ciências:

Assinala com um (X) a opção que melhor traduz o teu sentimento

	Não gosto nada	Não gosto	Mais ou menos	Gosto	Gosto Muito	Não sei/ Não se aplica
Actividades de ensino experimental das ciências						
Aulas teóricas						
Fichas de trabalho em grupo						
Visualização de documentários científicos						
Pesquisa bibliográfica em livros						
Visitas de estudo						
Pesquisa de internet						
Actividades de campo						

5. Por favor selecciona duas actividades da questão anterior que na tua opinião te ajudam a adquirir mais conhecimentos.

6. Já realizaste actividades de ensino experimental das ciências ou actividades de Ciências fora da sala de aula, este ano lectivo?

Sim Não

7. Se respondeste positivamente à questão anterior, por favor diz quantas vezes realizaste este tipo de actividades (Escolhe apenas uma opção, assinalando com uma X).

1 ou 2 vezes 3 ou 5 vezes Mais de 5 vezes

8. Na tua opinião as aulas de Ciências Naturais nas quais se realizam actividades de ensino experimental das ciências são úteis para:

Assinala com um (X) as opções que melhor se ajustam à tua opinião

8.1. Para termos aulas diferentes e divertidas	
8.2. Para aprendermos a trabalhar com material de laboratório	
8.3. Para aprendermos a forma como os cientistas adquirem novos conhecimentos e fazem “descobertas”	
8.4. Para cumprir as actividades propostas no manual de ciências	
8.5. Para aprendermos a controlar algumas variáveis (temperatura, luz, etc.)	
8.6. Para testar hipóteses formuladas para dar resposta a uma dada questão (problema)	
8.7. Para termos aulas aborrecidas	
8.8. Para observar fenómenos e os resultados de experiências já conhecidos, porque estão descritos no manual de Ciências Naturais.	
8.9. Nenhuma das opções anteriores	
8.10. Outra opção: _____	

9. Considerando actividades de laboratório ou de campo de que forma podemos avaliar se um determinado solo está poluído?

10. Na tua opinião existe algum organismo do solo que possa ser utilizado como indicador de qualidade?

Sim Não Não sei

11. Se a tua resposta à questão anterior foi sim, por favor indica que organismos:

12. Assinala com um (X), de acordo com a tua opinião, as principais causas de destruição da qualidade do solo e de danos nas espécies que nele habitam

13.1. Poluição atmosférica	
13.2. Destruição das florestas	
13.3. Resíduos domésticos	
13.4. Pesticidas usados na agricultura	
13.5. Estradas e auto-estradas	
13.6. Automóveis e outros veículos	
13.7. Criação de gado	
13.8. Catástrofes naturais	
13.9. Fogos	
13.10. Nenhuma das opções anteriores	
13.11. Outra opção: _____	

13. Utilizando os números de 1 a 8 ordena as etapas que devem ser seguidas durante uma actividade experimental:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Formular o problema | <input type="checkbox"/> Observar a natureza, seres vivos e fenómenos naturais |
| <input type="checkbox"/> Registar e analisar resultados | <input type="checkbox"/> Listar o material necessário |
| <input type="checkbox"/> Planejar a experiência | <input type="checkbox"/> Realizar a experiência |
| <input type="checkbox"/> Formular a hipótese | <input type="checkbox"/> Verificar se a hipótese é verdadeira ou falsa |