

UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR À POROSIDADE DOS SOLOS EM CONTEXTO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES

An interdisciplinary approach to soil porosity in context of teacher education

Bento Cavadas^{1,2}, Nelson Mestrinho¹, Juliana Cunha¹, Maria Catarina Sousa¹, Rita Laranjinha¹

¹Escola Superior de Educação de Santarém, Portugal.

²CeiED, Universidade Lusófona.

E-mails: bento.cavadas@ese.ipsantarem.pt, nelson.mestrinho@ese.ipsantarem.pt

Recebido em: 22/07/2019

Aceito em: 22/01/2020

Resumo

O solo é um recurso natural complexo e não renovável, fundamental para a manutenção dos ecossistemas e para o fornecimento de alimento, energia e fibras para os seres humanos. Neste trabalho apresenta-se uma atividade de carácter experimental e investigativo designada “A porosidade dos solos”, que possui a particularidade de proporcionar uma experiência de aprendizagem interdisciplinar entre a Matemática e as Ciências Naturais. Os participantes foram 28 estudantes de uma turma do 3.º ano da Licenciatura em Educação Básica da Escola Superior de Educação de Santarém (Portugal). Tiveram de dar resposta às seguintes questões: Qual é a porosidade de diferentes tipos de solos? Como representar quantitativamente a porosidade dos solos? Para tal, planificaram e implementaram investigações, com controlo de variáveis para recolher as evidências empíricas necessárias para avaliar a porosidade de três tipos de solos. A partir dos dados recolhidos empiricamente nas medições efetuadas, construíram e determinaram o índice de porosidade dos solos, enquanto medida da proporção de solo não ocupado por partículas sólidas. De seguida, analisaram os resultados e elaboraram conclusões e analisaram-nas criticamente para criarem explicações baseadas nas evidências recolhidas. O trabalho terminou com a comunicação dessas evidências e a justificação dos resultados e conclusões. Esta atividade interdisciplinar promoveu nos participantes a aprendizagem de conteúdo científico relacionado com os solos e de aspetos associados à planificação de atividades experimentais e investigativas, devido ao seu carácter prático e promotor das competências de raciocínio e resolução de problemas.

Palavras-chave: ciências, investigação, interdisciplinaridade, matemática, porosidade, solos.

Abstract

Soil is a complex and non-renewable natural resource, essential for the equilibrium of the ecosystems and for the provision of food, energy and fibres to humans. This study presents an inquiry and experimental activity about soil porosity. This activity has the particularity of proportionate an interdisciplinary learning experience between mathematics and science. The participants were 28 students of an elementary teacher education degree. They had to answer these questions: What is the porosity of different soils? How to quantitatively represent soil porosity? With this focus, students planned and implemented an inquiry to collect evidences in order to evaluate the soil porosity of three soil samples, with variable control. Afterwards, formulate explanation from evidence. The inquiry was concluded with the exchange of those evidences and justification of the results and conclusions. This interdisciplinary activity promoted in the participants the learning of scientific content related to the soils and aspects associated to the planning of experimental and investigative activities, due to its practical nature and promoter of the skills of reasoning and problem solving.

Keywords: science, inquiry, interdisciplinarity, mathematics, soil, soil porosity.

Introdução

Este trabalho foi realizado no contexto do projeto *CreativeLab_Sci&Math* da Escola Superior de Educação de Santarém. Esse projeto visa a inovação pedagógica na formação inicial de professores, orientada para o ensino interdisciplinar da Matemática e das Ciências. No âmbito dessa iniciativa foi realizada a atividade interdisciplinar de caráter experimental “A porosidade dos solos”, enquadrada nas unidades curriculares de Modelação Matemática (MM) e Ciências da Terra e da Vida (CTV) do 3.º ano da Licenciatura em Educação Básica.

A atividade visou dar resposta às seguintes questões: Qual é a porosidade de diferentes tipos de solos? Como representar quantitativamente a porosidade dos solos?

Nessa atividade, foram definidos os seguintes objetivos de aprendizagem comuns para MM e CTV:

- Planificar e implementar investigações para recolher as evidências empíricas que permitam avaliar a porosidade dos solos;
- Construir, a partir das variáveis identificadas e dos dados recolhidos empiricamente, o índice de porosidade dos solos, enquanto medida da proporção de solo não ocupado por partículas sólidas;
- Elaborar conclusões e analisá-las criticamente de modo a criar explicações baseadas nas evidências recolhidas;
- Comunicar as evidências recolhidas e justificar os resultados.

Nas secções seguintes, apresenta-se o enquadramento teórico associado à porosidade dos solos, abordam-se os resultados de alguns estudos didáticos sobre o solo, apresentam-se os aspetos metodológicos desta abordagem de ensino, descreve-se a sequência didática da atividade, analisam-se as produções dos estudantes e, por fim, apresentam-se as conclusões.

Os solos e a porosidade

Segundo Cortez & Abreu (2008), o solo é uma camada delgada de material não consolidado que cobre a superfície da crosta terrestre. No chão, esses restos e resíduos sofrem uma série complexa de transformações físicas e químicas conduzidas pelos organismos que vivem no solo (Trevors, 1998). É um recurso natural complexo e não renovável, fundamental para a manutenção dos ecossistemas e para o fornecimento de alimento, energia e fibras para os seres humanos (Zuazagoitia & Villarroel, 2016). O solo é o substrato físico e químico da vida da maioria dos ecossistemas e constitui um sistema vivo e dinâmico que intervém como regulador dos ciclos biogeoquímicos e hidrológico, funcionando como filtro depurador e reservatório de armazenamento de água, desempenhando ainda funções de tampão face a diversas formas de contaminação ambiental. Assim, deve ser encarado como um recurso natural vital, embora seja escasso e perecível (Cortez & Abreu, 2008).

Durante o processo de formação do solo ocorrem, por um lado, alterações físico-químicas e bioquímicas dos materiais geológicos originais e, por outro, processos físicos de transporte e translocação de constituintes solúveis ou em suspensão, até maior ou menor profundidade, que levam à diferenciação de camadas distintas, às quais se dá, geralmente, o nome de horizontes. O conjunto dos horizontes constitui o perfil do solo (Cortez & Abreu, 2008).

O solo é constituído, em diversas proporções, por matéria mineral e matéria orgânica que interatuam entre si formando conjuntos de partículas designadas agregados, entre os quais existem espaços vazios (poros) que são preenchidos por água e ar. Em consequência, as diferentes

características dos solos são definidas pelas suas propriedades físicas, como a cor, textura, estrutura, consistência e porosidade, e pelas químicas, como a composição e grau de acidez/alcalinidade (Cortez & Abreu, 2008).

Nos solos, embora não exista uma nítida separação entre poros pequenos e grandes, são citadas na literatura várias classificações do diâmetro de poros. Por exemplo, de acordo com a classificação de Brewer (1976), os poros são organizados em cinco classes, conforme o seu diâmetro (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação do tamanho dos poros (Brewer, 1976).

Classe	Subclasse	Diâmetro (μm)
Macroporos	Grosso	> 5000
	Médio	2000 - 5000
	Fino	1000 - 2000
	Muito fino	75 - 1000
Mesoporos		30 - 75
Microporos		5 - 30
Ultramicroporos		0,1 - 5
Criptoporos		< 0,1

Por seu lado, White (2006) apresentou outra proposta de classificação dos poros, também baseada no diâmetro, mas relacionando-os com o agente biótico ou processo abiótico que os causou.

Tabela 2. Classificação funcional dos poros baseada no tamanho (White, 2006).

Diâmetro do poro (μm)	Agente biótico ou processo abiótico que forma os poros
5000 - 500	Fendas, canais produzidos por minhocas, raízes principais das plantas, arejamento e drenagem rápida
500 - 30	Raízes de herbáceas e pequena mesofauna; drenagem e arejamento normais.
30 - 0,2	Raízes secundários de pequeno calibre, hifas dos fungos e pelos absorventes das raízes, armazenamento da “água disponível”.
<0,2	Expansão e retração da água em argilas; água residual ou “não-disponível”.

Os microporos, ou poros capilares, representam os poros responsáveis pela retenção da água no solo, enquanto os macroporos representam os poros responsáveis pela drenagem e arejamento do solo (Brady, 1979, cit in Ribeiro et al., 2008).

A porosidade dos solos está diretamente relacionada com a textura e a estrutura dos solos e determina a capacidade de drenagem interna e de retenção de água de um perfil. Os solos arenosos, que possuem essencialmente macroporos, apresentam menor capacidade de retenção da água, enquanto os solos argilosos, com maior microporosidade, apresentam maior capacidade de absorção de grandes quantidades de água. Quanto maior a macroporosidade, maior será a permeabilidade de um solo, pois quanto maiores forem os poros mais facilmente a água pode atravessar o solo. A porosidade é importante na utilização agrícola do solo, já que define o volume de água que pode ser retido num determinado volume de solo e a velocidade com que a mesma se infiltra.

Propostas didáticas para o estudo do solo

Nesta secção apresentam-se alguns estudos didáticos focados nas concepções dos alunos sobre os solos e a importância da realização de atividades de carácter teórico ou prático sobre os mesmos para aprofundar o conhecimento dos alunos sobre as suas características e relevância ambiental.

Existem concepções alternativas sobre os solos e as suas características, muitas vezes reforçadas pelos manuais escolares, como mostrou Gracia (2006). Num estudo realizado em 72 manuais de Educação Primária, concluiu que apenas em 19 se aborda o conceito de permeabilidade. Contudo, a permeabilidade, entendida como a capacidade de um material em ser atravessado por um fluido, muitas vezes é definida com um modelo concetual diferente, que associa a permeabilidade à capacidade de absorção de água pelo solo. Foi também essa linha de pensamento que levou Brum e Schuhmacker (2014) a investigarem as concepções alternativas de alunos do 6.º ano do ensino fundamental sobre a sustentabilidade dos solos. Os investigadores concluíram que as respostas dos estudantes se enquadravam em três categorias quanto às funções do solo: 1) a função do solo relacionada com a plantação, logo, à sobrevivência do ser humano; 2) a função do solo relacionada com a ideia de exploração, associada à ideia de remoção ou poluição da camada mais superficial do solo; 3) a função do solo associada à construção, relacionada com o uso do solo enquanto suporte físico para as construções humanas. Acerca do papel ambiental do solo, Brum e Schuhmacker (2014) concluíram que as respostas dos alunos do ensino fundamental se organizaram também em três categorias: 1) a função ambiental do solo relacionada com a manutenção do ecossistema, evidenciando preocupações dos alunos com o equilíbrio ambiental deste recurso e a proteção da sua degradação; 2) a função ambiental do solo associa às tragédias, como inundações e deslizamentos; com a manutenção do ecossistema; 3) a relação entre a função ambiental do solo e a saúde, enquanto agente direto ou indireto de promoção da saúde do ser humano. Brum e Schuhmacker (2014) concluíram, ainda, que as concepções anteriores se relacionam com o quotidiano dos alunos, do conhecimento adquirido por diálogos entre amigos e familiares e também a partir dos meios de comunicação.

Uma forma de construir concepções científicas sobre o solo é a realização de atividades práticas, complementadas com informação teórica adequada à faixa etária dos alunos. Nesse sentido, Vila et al. (2001) realizaram uma experiência de ensino relacionada com o estudo e a medição da erosão do solo. Implementaram uma sequência didática com uma abordagem teórica ao tema, planificação e desenvolvimento de um projeto experimental e respetiva avaliação. Através dessa experiência, despertaram algum interesse nos estudantes pelo processo de investigação e melhoraram o seu conhecimento concetual sobre a temática da erosão e desertificação dos solos. Weber et al. (2017) também realizaram atividades práticas para promover o aumento do conhecimento de alunos, do 4.º ano do ensino fundamental, sobre o solo, complementando-as com palestras. Os resultados do seu estudo mostraram que os alunos não apresentaram diferenças significativas antes e depois das atividades quanto ao conhecimento sobre a importância do solo para a vida do ser humano, contudo, aumentaram o seu conhecimento relativamente à origem, organização, presença de organismos vivos e degradação dos solos. Weber et al. (2017) concluíram que a sequência didática de atividades práticas propostas, reforçada com abordagens teóricas, foram relevantes para a aprendizagem dos alunos do 4.º ano do ensino fundamental sobre o solo. Foi também através da implementação de atividades práticas relacionadas com a produção de tintas ecológicas de baixo custo a partir dos solos da Amazônia, no enquadramento do projeto Tons da Terra, que Villani et al. (2017) promoveram o ensino das ciências e da química a alunos do Ensino Fundamental. As atividades, promovidas por futuras professoras em aulas de ciências e de química, envolveram a pintura com terra ou barro e promoveram o interesse, a curiosidade e a vontade de aprender mais dos estudantes sobre a química do solo, envolvida na fabricação dessas tintas.

Os estudos anteriores tiveram como objetivo essencial aumentar o conhecimento dos participantes sobre as características dos solos. Há, no entanto, outros estudos que visaram consciencializar os participantes sobre o papel do solo enquanto recurso essencial à manutenção da vida, na medida em que enfrenta problemas de sustentabilidade. Nesse enquadramento, Zuazagoitia & Villarroel (2016) realizaram uma proposta didática associada à realização de atividades práticas laboratoriais. O objetivo dessa proposta foi que os estudantes compreendessem que a matéria orgânica do solo é um recurso finito e vulnerável, essencial para sustentar a biodiversidade,

nomeadamente o desenvolvimento das plantas, o desenvolvimento sustentável e a indústria alimentar. Megonial et al. (2010) fizeram uma abordagem diferente, na medida em que elaboraram uma exposição no Smithsonian's National Museum of Natural History intitulada "Dig it! The secrets of soil". Nessa exposição, através de objetos físicos, produções audiovisuais e elementos interativos procuraram formar os visitantes do espaço sobre os seguintes princípios relativos à compreensão dos solos: a vida nos solos, a variedade dos solos, as mudanças nos solos, os solos enquanto elementos de ligação da terra, ar e água, capacitando-os para a valorização do solo enquanto recurso natural finito.

Aspetos metodológicos

A atividade "A porosidade dos solos" foi parcialmente adaptada a partir da proposta de Baxter et al. (2014). Nesta proposta, organizou-se de acordo com cinco (Engage, Explain, Explore, Exchange e Evaluate) dos seis momentos do modelo de ensino dos 6E (Bybee et al., 2006; Kähkönen, 2017).

A atividade seguiu a estratégia inquiry, entendida como "process of discovering new causal relations, with the learner formulating hypotheses and testing them by conducting experiments and/or making observations" (Pedaste et al., 2012, p.82), e incluiu as cinco características essenciais do inquiry definidas pelo (NRC, 2000):

- Learners are engaged by scientifically oriented questions;
- Learners give priority to evidence, which allows them to develop and evaluate explanations that address scientifically oriented questions;
- Learners formulate explanations from evidence to address scientifically oriented questions;
- Learners evaluate their explanations in light of alternative explanations, particularly those reflecting scientific understanding;
- Learners communicate and justify their proposed explanations. (p. 25)

Esta proposta foi implementada com estudantes do curso de Educação Básica (n=28), organizados em oito grupos de trabalho. Os estudantes consentiram participar no estudo. Teve a duração aproximada de duas horas e ocorreu num ambiente educativo inovador, designado (...). Durante a realização da atividade estiveram presentes dois professores, um de Modelação Matemática e um de Ciências da Terra e da Vida. Os professores atuaram como facilitadores na realização das diferentes tarefas, sempre que solicitada a sua intervenção pelos grupos de trabalho, ou quando consideraram pertinente intervir para questionar o trabalho realizado pelos estudantes ou esclarecer dúvidas.

O guião de apoio à realização da atividade foi utilizado como o instrumento principal de recolha de dados. Esses dados foram complementados com notas de campo recolhidas pelos professores durante a realização da atividade, tendo em conta que a observação participante é um método apropriado para a recolha de dados em investigações qualitativas (Tuckman, 2012).

O trabalho realizado foi analisado através de um estudo de carácter misto, que se considerou ser o mais adequado, tendo em conta a questão-problema, os objetivos propostos e os pressupostos teóricos que fundamentam este trabalho. A dimensão qualitativa do estudo utilizou a técnica de análise de conteúdo (Amado, Costa & Crusoé, 2013; Bardin, 1979; Bogdan & Biklen, 1994) e as produções das estudantes foram categorizadas a posteriori. As categorias foram elaboradas tendo em conta os princípios, procedimentos e regras de categorização indicados na literatura

especializada (Amado, Costa & Crusoé, 2013). Alguns dos resultados obtidos pelas estudantes foram quantificados para aprofundar a análise das suas produções.

Apresentação da sequência didática e discussão dos resultados

De seguida, apresenta-se a sequência didática implementada e a análise das produções das estudantes em alguns dos momentos de ensino.

Engage | As condições que permitiram o aparecimento e a evolução da vida na Terra

O momento de envolvimento das estudantes (Engage) incluiu a resposta individual à questão “Quais são as condições necessárias ao aparecimento e evolução da vida na Terra”, partilhada no recurso digital Padlet®. As condições enunciadas foram a existência de água, oxigénio, atmosfera, nutrientes e de uma distância adequada da Terra em relação ao sol. Nenhuma das estudantes relatou que a crosta e o solo são condições necessárias à existência e evolução da vida. A exploração das suas respostas levou à explicação, pelo docente de CTV, que a crosta possui um papel fundamental no ciclo do carbono e o solo é um suporte de vida.

Explain | Os solos enquanto suporte de vida

Neste momento, as estudantes analisaram um texto que apresenta o significado, papel nos ecossistemas, processo de formação e as características físicas do solo, nas quais se deu relevo à porosidade.

Explore | A porosidade dos solos

Nesta etapa foi solicitado às estudantes que criassem uma experiência que permitisse determinar o índice de porosidade de três tipos de solo, definido como medida da proporção de solos não ocupado por partículas sólidas.

Apenas foram indicados os materiais que poderiam utilizar: 3 provetas graduadas de 100 ml, amostras de solo arenoso (50 ml), argiloso (50 ml) e orgânico (50), água e um gobelé. O procedimento experimental foi aberto, pelo que os diferentes grupos de trabalho tiveram de definir os diferentes momentos desse procedimento. Nesse procedimento, tinham de identificar as variáveis independente, dependente e de controlo. A tabela 3 apresenta a análise das produções das estudantes quanto à identificação das variáveis. É indicada em cada variável o número de estudantes (n) que a identificou e a respetiva percentagem.

Tabela 3. Variáveis identificadas pelas estudantes na atividade prática da porosidade do solo.

Variáveis		n	%
Variável independente	Tipo de solo	28	100
	Nível de água na proveta	17	61
Variável dependente	Volume de água absorvida	12	43
	Índice de porosidade do solo	9	32
Variáveis de controlo	Volume de água	28	100
	Quantidade de solo	25	89
	Tempo de espera	15	54
	Tipo de recipiente	9	32
	Condições ambientais	5	18

A totalidade das estudantes identificou os diferentes tipos de solo como a variável independente e o volume inicial de água como variável de controlo. A grande maioria identificou o nível final da água na proveta como a variável dependente e a quantidade de solo (e não o seu volume), como outra das variáveis de controlo. As notas de campo dos professores mostram que o momento de identificação de variáveis foi o que causou mais dificuldades às estudantes, sendo necessário reforçar este processo de raciocínio através da realização de outras atividades experimentais. De seguida, relataram os procedimentos que realizaram. A tabela seguinte apresenta-os, por ordem de execução (Tabela 4). É indicado, para cada procedimento, o número de estudantes (n) que o identificou e a respetiva percentagem.

Tabela 4. Procedimentos realizados pelas estudantes na atividade prática da porosidade do solo.

Procedimentos	n	%
Organizar o material e o espaço	9	32
Colocar numa proveta 50 ml de solo arenoso		
Colocar numa proveta 50 ml de solo argiloso	28	100
Colocar numa proveta 50 ml de solo orgânico		
Adicionar 50 ml de água a cada um dos solos	26	93
Aguardar alguns minutos	15	54
Observar, analisar e registar os resultados	16	57
Elaborar as conclusões	17	61

Como os dados anteriores mostram, o número de estudantes que referiram a necessidade de organizar o material e o espaço antes da realização dos restantes procedimentos, foi reduzido. Os procedimentos instrumentais, como colocar os solos nas provetas e adicionar-lhes água, foram relatados maioritariamente pelas estudantes. Apenas cerca de metade indicou a necessidade de aguardar algum tempo antes da observação, análise e registo final dos resultados. A figura 1 representa um exemplo de um resultado final do procedimento.

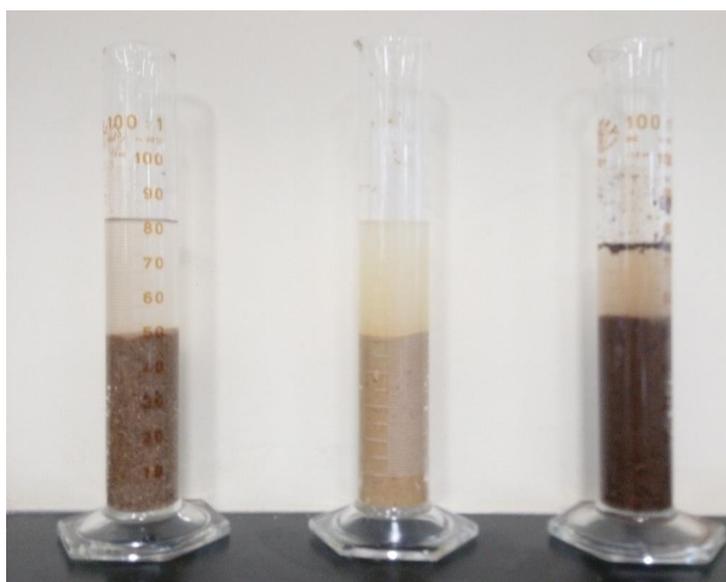


Figura 1. Resultado final dos meios experimentais com solo arenoso e água (proveta da esquerda), solo argiloso e água (proveta do meio) e solo orgânico e água (proveta da direita).

Os resultados que registaram foram, essencialmente o (Figura 2):

- volume inicial de solo;
- volume inicial de água;
- volume inicial da mistura de água e solo medido na proveta;
- volume final da mistura de água e solo medido na proveta.

4. Registe os resultados.

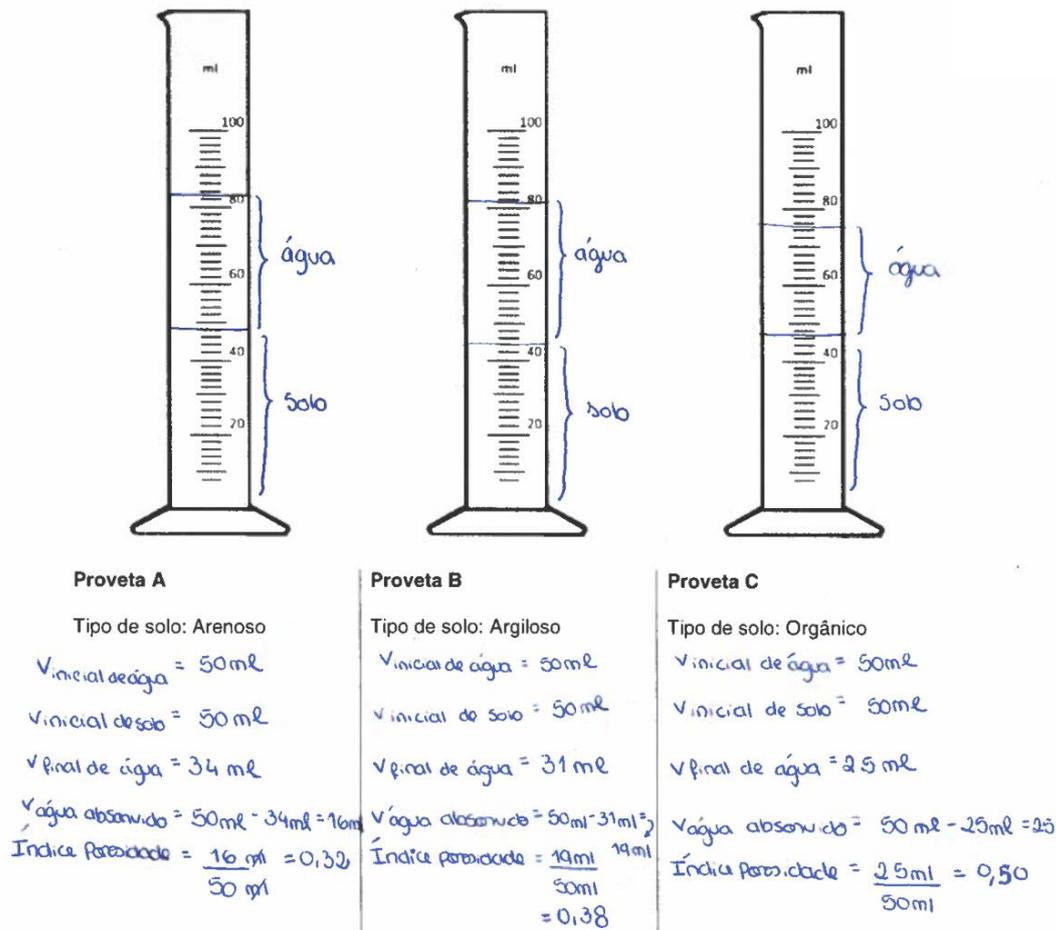


Figura 2. Registo das leituras finais realizadas nas três provetas e cálculo dos valores de índice de porosidade para os diferentes tipos de solo (grupo B).

Na atividade proposta, foi indicado que o índice de porosidade dos solos (η), corresponderia à medida da proporção de solo não ocupado por partículas sólidas, ou seja,

$$\eta = \frac{V_p}{V}$$

representando V_p o volume dos poros e V o volume total de solo. Ao operacionalizar o procedimento experimental introduzindo a mesma quantidade de água em cada uma das provetas com igual volume de solo, pretende-se que o volume dos poros seja indicado pela diferença entre o volume inicial da mistura de água e solo e o volume final da mistura de água e solo, ambos medidos diretamente na graduação da proveta. Induzidos pela capacidade das provetas fornecidas (100 ml) todos os grupos colocaram 50 ml de solo, tendo adicionado 50 ml de água (Figura 2), à exceção de um grupo que utilizou apenas 25 ml de água (grupo F).

Na maioria dos grupos as conclusões foram ao encontro dos resultados obtidos. Alguns grupos apresentaram as conclusões textualmente e graficamente (Figura 3).

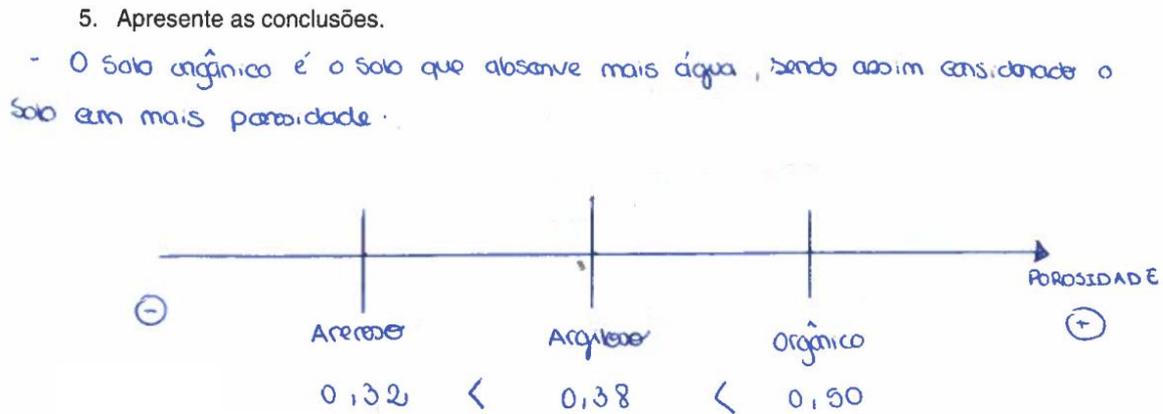


Figura 3. Registro das conclusões obtidas a partir das observações e cálculos realizados (grupo B).

Exchange | Partilha de resultados sobre o índice de porosidade dos solos.

Dado ser expectável alguma discrepância no resultado do índice de porosidade de cada tipo de solo entre grupos, os resultados de todos os grupos foram partilhados numa tabela comum. Os valores registados serviram para o cálculo do índice de porosidade médio das amostras de tipo de solo que serviu de referência para cada um dos solos (Tabela 5). Para as estudantes, esta constituiu também uma oportunidade para refletirem sobre a natureza do conceito de média aritmética, tendo isto sido discutido em grande grupo, na aula.

Tabela 5. Registos dos resultados obtidos para o valor do índice de porosidade de cada tipo de solo, para cada grupo (A a H), e respetivas médias (n=8).

Grupo	Porosidade		
	Solo arenoso	Solo argiloso	Solo orgânico
A	0,3	0,34	0,4
B	0,32	0,38	0,5
C	0,38	0,42	0,54
D	0,4	0,44	0,48
E	0,2	0,46	0,52
F	0,32	0,36	0,24
G	0,34	0,44	0,5
H	0,5	0,48	0,54
média	0,345	0,415	0,465

Os dados da tabela 5 mostram que, à exceção dos grupos F e H, todos obtiveram valores em linha com as médias, identificando o solo arenoso como o menos poroso e o solo orgânico como o mais poroso. O grupo H identificou o solo orgânico como o mais poroso, trocando a ordem de porosidade dos solos arenoso e argiloso, se bem que com uma ligeira diferença no valor do índice. Quanto ao grupo F, este obteve conclusões bastante díspares relativamente aos restantes. Uma das causas poderá ter a ver com o facto de ter sido o único que realizou um procedimento diferente, utilizando 25 ml em vez de 50 ml de água.

Uma questão emergente destes resultados envolve avaliar até que ponto é legítimo obter esta conclusão final com base no trabalho realizado e dados recolhidos pelos diferentes grupos. Assim, procurou-se compreender se as diferenças entre as médias podem, ou não, ser consideradas estatisticamente significativas. Sendo estes valores decorrentes de medições de variáveis métricas, assumiu-se que são normalmente distribuídos, como é usual nestas situações. Por se tratarem de grandezas da mesma natureza e da mesma ordem de grandeza, assumiu-se que é razoável considerar que a dispersão dos valores relativamente ao valor médio é aproximadamente igual para cada uma das variáveis. Com base nestes pressupostos, testou-se a hipótese de igualdade dos valores médios recorrendo à distribuição t-Student. Aplicou-se um teste t-Student unilateral à direita para a diferença entre as médias dos solos argiloso e arenoso e para a diferença entre as médias dos solos orgânico e argiloso (Tabela 6). O nível de significância foi 0,05 e exclui-se da análise os dados do grupo F (n=7), por este ter adotado um procedimento diferente dos restantes grupos e valores empíricos discrepantes dos restantes grupos (Blaikie, 2003). A análise estatística foi apoiada pela utilização do Analysis Toolpak do Microsoft Excel (Tabela 7).

Tabela 6. Registos dos resultados obtidos para o valor do índice de porosidade de cada tipo de solo (retirado o grupo F), que são objeto de análise estatística, e respetivas médias e variâncias amostrais (n=7).

Grupo	Porosidade		
	Solo arenoso	Solo argiloso	Solo orgânico
A	0,3	0,34	0,4
B	0,32	0,38	0,5
C	0,38	0,42	0,54
D	0,4	0,44	0,48
E	0,2	0,46	0,52
G	0,34	0,44	0,5
H	0,5	0,48	0,54
média	0,348571429	0,422857143	0,497142857
variância	0,008647619	0,00232381	0,00232381

Tabela 7. Output do Analysis ToolPak do Microsoft Excel para os testes de diferença de médias Argiloso vs. Arenoso e Orgânico vs. Argiloso

Teste T: duas amostras com variâncias iguais

	Argiloso	Arenoso	Orgânico	Argiloso
	Variável 1	Variável 2	Variável 1	Variável 2
Média	0,42285714	0,34857143	0,49714286	0,42285714
Variância	0,00232381	0,00864762	0,00232381	0,00232381
Observações	7	7	7	7
Variância agrupada	0,00548571		0,00232381	
Hipótese de diferença de média	0		0	
Gl	12		12	
Stat t	1,87638837		2,88296296	
P(T<=t) uni-caudal	0,04256304		0,00687735	
t crítico uni-caudal	1,78228756		1,78228756	
P(T<=t) bi-caudal	0,08512607		0,01375471	
t crítico bi-caudal	2,17881283		2,17881283	

Tanto no primeiro caso como no segundo, ao comparar-se o valor da estatística de teste t com o valor t crítico uni-caudal, constata-se que a estatística de teste localiza-se na região de rejeição da distribuição t , pelo que se aceita a conclusão obtida com base nas médias amostrais, nomeadamente que o solo arenoso é menos poroso que o solo argiloso e que este por sua vez é menos poroso do que solo orgânico.

Evaluate | Avaliação didática da atividade

A última etapa consistiu num momento de avaliação didática da atividade. As estudantes, individualmente, identificaram os aspetos que contribuíram para a sua aprendizagem e os aspetos que consideraram passíveis de ser melhorados. A tabela seguinte apresenta a categorização das respostas das estudantes. (Tabela 8).

Tabela 8. Categorização dos aspetos da atividade que as estudantes consideraram contribuir para a sua aprendizagem e aspetos a melhorar na realização da atividade (n=28).

Categorias	Subcategorias	n	%
Aspetos positivos	Melhor compreensão dos conceitos	19	68
	Trabalho prático	11	39
	Interdisciplinaridade	7	25
	Aplicação didática	1	4
Aspetos a melhorar	Materiais disponibilizados	3	11
	Planificação da atividade	2	7
	Compreensão da modelação matemática	2	7
	Formulação das questões	1	4

Salientaram, como contribuindo para as suas aprendizagens, o terem vivenciado uma prática interdisciplinar entre a Modelação Matemática e as Ciências da Terra e da Vida, o carácter prático e aberto da atividade, na medida em que tiveram de identificar as variáveis e criar o procedimento experimental. Referiram que o carácter prático da atividade foi uma mais valia para compreenderem o conceito de porosidade dos solos. Quanto aos aspetos a melhorar, algumas estudantes sentiram a necessidade de dispor de mais materiais de laboratório para trabalharem e implementarem a planificação da atividade. Apontaram, ainda, dificuldades na compreensão da modelação matemática da porosidade dos solos, em particular, na construção do índice de porosidade a partir das medições obtidas e a sua interpretação.

Conclusões

A realização da atividade interdisciplinar “A porosidade dos solos” contribuiu, efetivamente, para a consecução dos objetivos de aprendizagem propostos para as unidades curriculares de Modelação Matemática e Ciências da Terra e da Vida. Foi notório o empenho das estudantes na planificação e implementação da investigação para avaliação da porosidade dos solos, embora subsistissem algumas dificuldades na determinação das variáveis do estudo.

As estudantes, através da realização da atividade prática, consolidaram o conceito de porosidade e identificaram as porosidades de diferentes tipos de solos, quer através da observação dos resultados da atividade laboratorial, quer através da representação quantitativa da porosidade dos solos. Quer as conclusões que cada grupo retirou, quer as discutidas em grande grupo partiram de explicações baseadas nas evidências recolhidas. No final da atividade, e com base nas médias,

concluiu-se que o solo arenoso é o menos poroso e que o solo orgânico é o mais poroso. Discutiram-se estes resultados, em grande grupo, tendo sido debatido e justificado o seu significado matemático, geológico e biológico. Quanto ao significado matemático, as estudantes tiveram oportunidade de partir de um contexto real para construir um índice – uma grandeza adimensional – que permitiu avaliar a proporção de solo não ocupado por partículas sólidas. Através desse exercício, compreenderam melhor o papel das grandezas adimensionais em situações de comparação entre variáveis independentes, não obstante terem manifestado algumas dificuldades na construção do índice a partir das medições obtidas e a sua interpretação no contexto do problema colocado inicialmente. No que diz respeito ao significado biológico e geológico, compreenderam a importância do solo enquanto suporte de vida e compararam as porosidades de diferentes tipos de solo. Estas constatações vão ao encontro de outras investigações que mostram a importância das atividades práticas para aprofundar o conhecimento dos estudantes sobre as características dos solos (Vila et al. 2010; Villani et al, 2017; Weber et al., 2017; Zuazagoitia & Villarroel, 2016).

As estudantes assinalaram que esta atividade constituiu uma mais-valia para a sua aprendizagem enquanto estudantes da formação inicial de professores, devido à melhoria da compreensão das etapas de um trabalho prático laboratorial com caráter experimental, à vivência de uma atividade interdisciplinar e ao potencial da sua transposição didática para outros níveis de ensino. Os docentes consideram, ainda, que esta atividade possui um forte potencial na promoção das competências de raciocínio e resolução de problemas das estudantes.

Referências bibliográficas

- Amado, J., Costa, A. P., & Crusoé, N. (2013). A técnica da análise de conteúdo. In J. Amado (Coord.), *Manual de investigação qualitativa em educação* (pp. 299-351). Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Bardin, L. (1979). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Baxter, J. A., Ruzicka, A., Beghetto, R. A., & Livelybrooks, D. (2014). Professional development strategically connecting mathematics and science: the impact on teachers' confidence and practice. *School Science and Mathematics*, 114(3), 102–113.
- Blaikie, N. (2003). *Analyzing Quantitative Data*. London: SAGE Publications.
- Bogdan, R., & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.
- Brewer, R. (1976). *Fabric and mineral analysis of soils* (2nd ed.). New York, NY: Krieger.
- Brum, W. P., & Schumacher, E. (2014). O tema solo no ensino fundamental: Concepções alternativas dos estudantes sobre as implicações de sustentabilidade. *Experiências em Ensino de Ciências*, 9(1), 50-61.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Colorado Springs, CO: BSCS. Recuperado de http://bscs.org/sites/default/files/_legacy/BSCS_5E_Instructional_Model-Full_Report.pdf
- Cortez, N., & Abreu, M. (2008). Solo - Recurso natural a preservar. In A. Mateus (Coord.), *Solo: a pele da Terra*. Lisboa: Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Gracia, A. L. C. (2006). Análisis de los contenidos sobre “permeabilidad” en los libros de texto de Educación Primaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, (5)1, (2006), 137-160.

- Hutchings, W. (2007). *Enquiry-Based Learning: Definitions and rationale*. Manchester: The University of Manchester.
- Kähkönen, A-L. (2017). *Models of inquiry and the irresistible 6E model*. Recuperado de <http://www.irresistible-project.eu/index.php/pt/blog-pt/168-models-of-inquiry-and-the-irresistible-6e-model>
- Megonigal, J. P., Stauffer, B., Starrs, S., Pekarik, A., Drohan, P., & Havlin, J. (2010). “Dig it!”: How an exhibit breathed life into soils education. *Soil Science Society of America Journal*, 74(3),706-716.
- National Research Council (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press. Recuperado de <http://www.nap.edu/openbook.php?isbn=0309064767>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Leijen, Ä., & Sarapuu, S. (2012). Improving students’ inquiry skills through reflection and self-regulation scaffolds. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 9, 81–95.
- Ribeiro, K. D., Menezes, S. M., Mesquita, M. da G. B. F., & Sampaio, F. de M. T. (2007). Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. *Ciências Agrotécnicas, Lavras*, 31(4), 1167-1175.
- Trevors, J. T. (1998). Cellulose decomposition in soil. *Journal of Biological Education*, 32(2), 133-136.
- Tuckman, B. W. (2012). *Manual de investigação em educação. Metodologia para conceber e realizar o processo de investigação científica* (4.^a ed.). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Vila, R., Contreras, R., Fernández, L., Roscales, J. L., & Santamaría, F. (2001). Experiencia didáctica para la materia de ciencias de la tierra y el medio ambiente: la erosión del suelo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9.1, 63-69.
- Villani, F. T., Ribeiro, G. A. A., Ferreira, D. C. O., & Costa, M. M. (2017). Projeto Tons da Terra: Ensinando ciências e química por meio da produção de tinta de terra amazônica. *Experiências em Ensino de Ciências*, 12(6), 252-260.
- Weber, M. A., França, J. S., Felipe, B. M., Flores, J. M., Lorentz, L. H., & Vieira, F. C. B. (2017). Ferramentas úteis para o aprendizado em solos de estudantes do quarto ano do ensino fundamental. *Experiências em Ensino de Ciências*, 12(3), 69-79.
- White, R. E. (2006). *Principles and practice of soil science: the soil as natural resource*. Malden, MA: Blackwell Publishing.
- Zuazagoitia, D., & Villarroel, J. D. (2016). Studying the importance of soil organic matter: An educational proposal for secondary education. *Educación Química*, 27, 37-42.