

# XXIX Curso de Actualização de Professores em Geociências

## Livro de Actas

Publicação organizada por António Almeida e Orlando Strecht-Ribeiro

Capa:

Pormenor do Litoral da Serra de Sintra. Foto de António Almeida

© 2009 por Centro Interdisciplinar de Estudos Educacionais (CIED),  
Escola Superior de Educação de Lisboa



APG  
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE GEÓLOGOS

**FCT**

Fundação para a Ciência e a Tecnologia



---

## ÍNDICE

<b>INFORMAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>5</b>
INTRODUÇÃO .....	7
PROGRAMA .....	9
PLANTA DA ESELx .....	13
 <b>AULAS TEÓRICAS .....</b>	 <b>15</b>
<b>Competencia científica y enseñanza de la geología</b>	
Emilio Pedrinaci (Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra).....	17
<b>A Geologia na Educação Ambiental: dos saberes científicos à intervenção pedagógica</b>	
Clara Vasconcelos (Departamento de Geologia, Universidade do Porto) .....	23
<b>O tempo dos fósseis</b>	
Helena Henriques (Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra) .....	29
<b>Alterações climáticas e impactos na linha de costa</b>	
Conceição Freitas (Departamento de Geologia, Universidade de Lisboa).....	35

## **AULAS DE CAMPO ..... 45**

### **Património geológico no Parque Natural de Sintra-Cascais**

Lia Morais Mergulhão (Parque Natural Sintra-Cascais) ..... 47

### **Aspectos geológicos e morfológicos da Serra da Arrábida**

Leonor Ramalho (Escola Secundária/3 Manuel Cargaleiro - Amora)..... 51

### **Visita de campo à pedreira de calcários e margas “Bom Jesus” (CIMPOR) e às pedreiras de areia e argila da Mata de Sesimbra**

João Meira (Visa-Consultores de Geologia Aplicada e Eng<sup>a</sup> do Ambiente, SA.)..... 61

### **Geodiversidade no Parque Natural Sintra-Cascais**

Nuno Leal (Centro de Investigação em Ciência e Engenharia Geológica, Universidade Nova de Lisboa) ..... 71

## **AULAS PRÁTICAS (WORKSHOPS)..... 75**

### **Fósseis, na sala de aula e fora dela**

Carlos Marques da Silva (Departamento de Geologia, Universidade de Lisboa)..... 77

### **Modelação Análoga em Geologia, na Sala de Aula**

Edite Bolacha, Paulo Fonseca e Helena Moita de Deus (Departamento de Geologia, Universidade de Lisboa) ..... 83

### **As tecnologias no ensino das Geociências**

Paulo Legoinha (Departamento de Ciências da Terra, Universidade Nova de Lisboa) ..... 87

### **Afinal, quem fez rebentar com os limites do Tempo: reflexões à volta do papel da História das Ciências no ensino da Geologia**

Teresa Mota (Museu de Ciência - Universidade de Lisboa)..... 91

### **As Geociências nos primeiros dois ciclos do Ensino Básico: enquadramento e propostas de trabalho**

António Almeida (Escola Superior de Educação de Lisboa) ..... 95

### **Exploração mineira: uma perspectiva sustentável**

Paulo Almeida e Orlando Figueiredo (Centro de Investigação em Educação, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa) ..... 103

---

## INFORMAÇÕES GERAIS



## INTRODUÇÃO

É com um enorme entusiasmo que o Centro Interdisciplinar de Estudos Educacionais (CIED), sediado na Escola Superior de Educação de Lisboa (ESELx), organiza em colaboração com a Associação Portuguesa de Geólogos (APG) o XXIX Curso de Actualização de Professores em Geociências. O facto de se ter atingido a vigésima nona edição destes cursos é, por si só, revelador do impacto que os mesmos têm tido junto de investigadores e de docentes e conduz, inevitavelmente, ao reconhecimento da sua qualidade.

Os cursos de actualização em geociências têm sido realizados nos mais diversos pontos do país, fruto da aposta inequívoca das sucessivas direcções da APG na divulgação científica e didáctica. Para tal, são de destacar as parcerias anualmente estabelecidas com diferentes instituições do ensino superior e, não menos importante, a disponibilidade manifestada por formadores com características distintas mas que se completam pela diversidade de percursos, experiências e saberes: professores do ensino superior e não superior, dinamizadores de organizações não formais de aprendizagem, relações-públicas de empresas com interesses na exploração de recursos terrestres.

O presente curso apresenta duas finalidades que diríamos recorrentes: actualizar os conhecimentos científicos dos professores que o frequentam e desenvolver competências de natureza processual e metodológica inerentes ao ensino das geociências. Mas procura ainda abordar as geociências no contexto das temáticas ambientais. Trata-se aqui de conferir maior visibilidade às implicações ambientais, sociais, económicas, culturais e éticas do conhecimento geológico.

A edição deste ano apresenta também um desafio adicional, sugerido pelo CIED, e prontamente aceite pela actual direcção da APG. Realizando-se na Escola Superior de Educação de Lisboa, e tendo esta instituição uma forte tradição na formação de professores do 1º Ciclo, o público-alvo passou a estender-se igualmente a estes docentes. Sabemos que a temática específica de muitas abordagens parece revelar-se aparentemente pouco adequada a docentes com uma formação generalista. Mas trata-se, como afirmámos, de um desafio, que procura evidenciar que este facto não tem de ser incompatível com uma procura de aprofundamento em determinados campos do saber. Aliás, só assim estes professores estarão mais aptos a desenvolver abordagens simplificadas de conteúdos de geociências junto dos mais novos, que não coloquem (demasiado) em risco o rigor científico.

No que se refere ao formato, a presente edição não se afasta da de outras anteriores, dividindo-se os três dias de formação, respectivamente, por aulas teóricas, aulas de campo e aulas práticas. O contacto directo com realidades geológicas estudadas é mais uma vez uma

dimensão metodológica bem característica das geociências e, por consequência, da didáctica do Ensino da Geologia, e que não poderia deixar de estar presente. Nas aulas práticas, um destaque para a presença igualmente fundamental da utilização das novas tecnologias enquanto recurso didáctico.

Esperamos que o esforço organizativo da presente edição esteja ao nível das vossas expectativas. Votos de um bom trabalho para todos.

O Presidente da Comissão Científica do CIED  
António Almeida



## PROGRAMA

<b>Hora</b>	<b>Dia 3 – Quinta-Feira</b>
8h30m	Recepção e entrega de pastas
9h00	Sessão de Abertura (Salão Nobre) <ul style="list-style-type: none"><li>- Presidente da APG: António Gomes Coelho</li><li>- Presidente do Conselho Directivo da ESELx: Cristina Loureiro</li><li>- Presidente da Comissão Científica do CIED: António Almeida</li></ul>
9h30m	Pausa para café
	<b>Aulas Teóricas (a decorrer no Salão Nobre)</b>
10h00	Competencia científica y enseñanza de la geología - Emilio Pedrinaci (Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra)
11h15m	A Geologia na Educação Ambiental: dos saberes científicos à intervenção pedagógica - Clara Vasconcelos (Departamento de Geologia, Universidade do Porto)
12h30m	Almoço
14h30m	Estruturas frágeis e dúcteis geradas em ambientes tectónicos compressivos e distensivos - José Kullberg (Departamento de Ciências da Terra, Universidade Nova de Lisboa)
15h45m	O tempo dos fósseis - Helena Henriques (Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra)
17h00	Pausa para café
17h30m	Alterações climáticas e impactos na linha de costa - Conceição Freitas (Departamento de Geologia, Universidade de Lisboa)
18h30m às 19h00	Preparação das aulas de campo

<b>Hora</b>	<b>Dia 4 – Sexta-Feira</b>
	<b>Aulas de campo</b>
8h30m às 19h00	1 - Património geológico no Parque Natural de Sintra-Cascais - Lia Morais Mergulhão (Parque Natural Sintra-Cascais)
	2 - Aspectos geológicos e morfológicos da Serra da Arrábida - Leonor Ramalho (Escola Secundária/3 Manuel Cargaleiro - Amora)
	3 - Visita de campo à pedreira de calcários e margas “Bom Jesus” (CIMPOR) e às pedreiras de areia e argila da Mata de Sesimbra - João Meira (Visa-Consultores de Geologia Aplicada e Eng <sup>a</sup> do Ambiente, SA.)
	4 - Geodiversidade no Parque Natural Sintra-Cascais - Nuno Leal (Centro de Investigação em Ciência e Engenharia Geológica, Universidade Nova de Lisboa)

<b>Hora</b>	<b>Dia 5 – Sábado</b>
	<b><u>Aulas práticas*</u></b>
08h30m às 10h30	Realização simultânea de várias aulas práticas

10h30m às 11h00	Pausa para café
-----------------	-----------------

11h00 às 13h00	Realização simultânea de várias aulas práticas
----------------	--

13h00 às 14h30m	Almoço
-----------------	--------

14h30 às 16h30	Realização simultânea de várias aulas práticas
----------------	--

16h30 às 17h00	Pausa para café
----------------	-----------------

17h00 às 19h00	Realização simultânea de várias aulas práticas
----------------	--

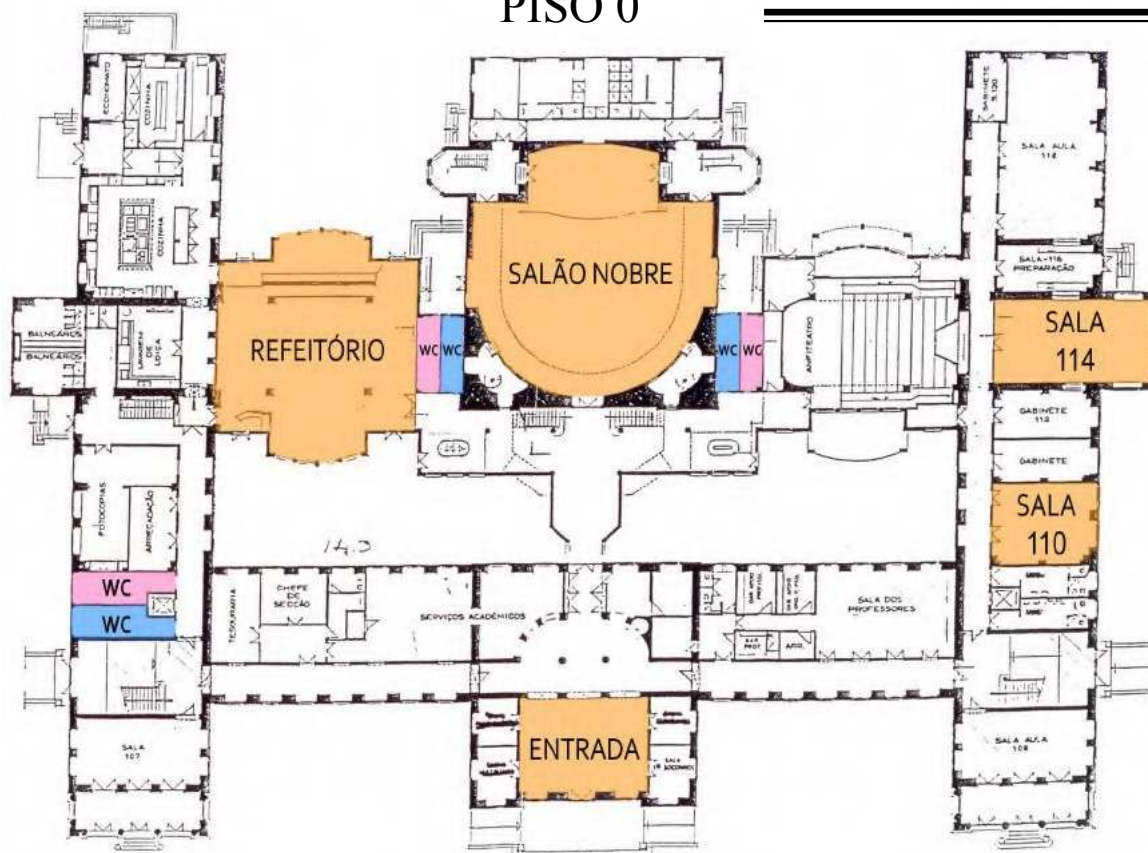
**\* Todos os professores têm obrigatoriamente de frequentar 3 das seguintes aulas práticas ao longo do dia. Devem consultar as listas afixadas nas quais consta o horário da formação.**

<b>Aulas práticas</b>	<b>Salas</b>
A - Fósseis, na sala de aula e fora dela - Carlos Marques da Silva (Departamento de Geologia, Universidade de Lisboa)	206 ( piso 1)
B - Modelação Análoga em Geologia, na Sala de Aula - Edite Bolacha, Paulo Fonseca e Helena Moita de Deus (Departamento de Geologia, Universidade de Lisboa)	301 ( piso 2)
C - As tecnologias no ensino das Geociências - Paulo Legoinha (Departamento de Ciências da Terra, Universidade Nova de Lisboa)	205 ( piso 1)
D - Afinal, quem fez rebentar com os limites do Tempo? Reflexões à volta do papel da História das Ciências no ensino da Geologia - Teresa Mota (Museu de Ciência - Universidade de Lisboa)	110 ( piso 0)
E - As Geociências nos primeiros dois ciclos do Ensino Básico: enquadramento e propostas de trabalho - António Almeida (Escola Superior de Educação de Lisboa)	114 ( piso 0)
F - Exploração mineira: uma perspectiva sustentável - Paulo Almeida e Orlando Figueiredo (Centro de Investigação em Educação, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)	202 ( piso 1)

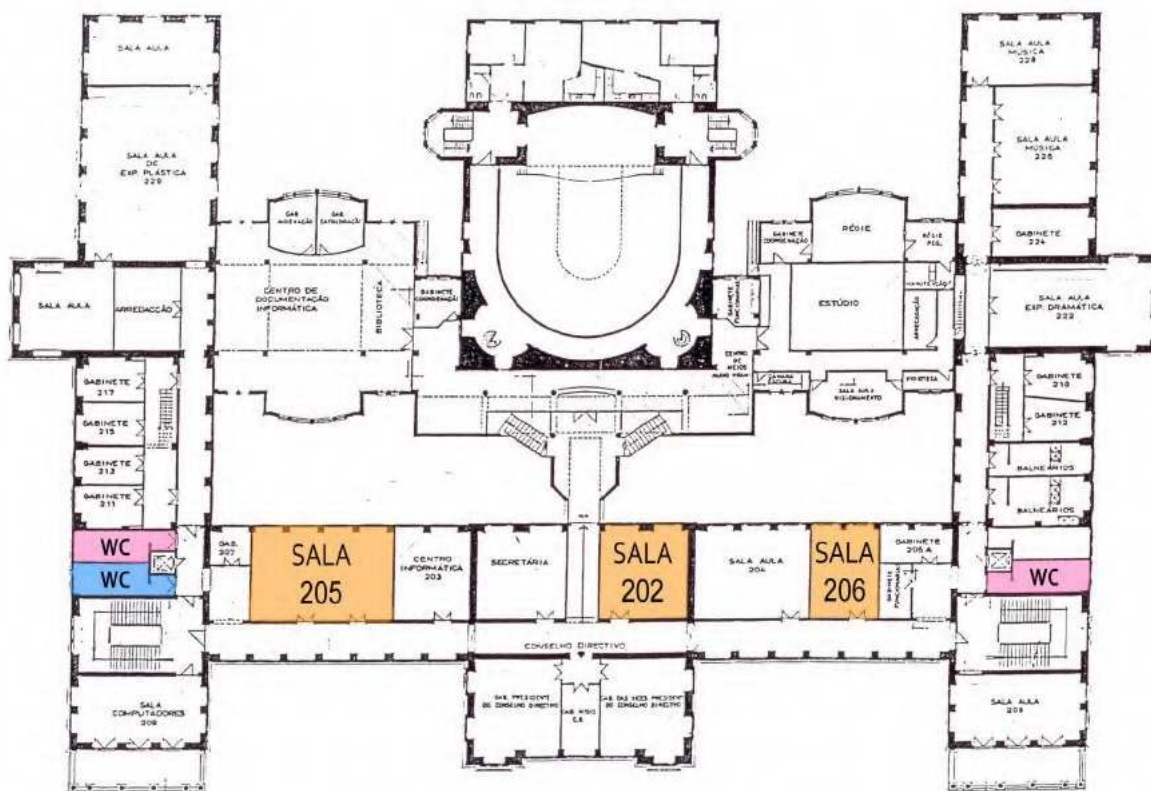


## PISO 0

## PLANTA DA ESELx



## PISO 1



The architectural floor plan shows a central hall labeled 'SALA 301' in orange. To the left of the hall are two restrooms labeled 'WC' in pink and blue. To the right of the hall are two restrooms labeled 'WC' in pink and blue. The plan also shows various other rooms, including 'SALA 302', 'SALA 303', 'SALA 304', 'SALA 305', 'SALA 306', 'SALA 307', 'SALA 308', 'SALA 309', 'SALA 310', 'SALA 311', 'SALA 312', 'SALA 313', 'SALA 314', 'SALA 315', 'SALA 316', 'SALA 317', 'SALA 318', 'SALA 319', 'SALA 320', 'SALA 321', 'SALA 322', 'SALA 323', 'SALA 324', 'SALA 325', 'SALA 326', 'SALA 327', 'SALA 328', 'SALA 329', 'SALA 330', 'SALA 331', 'SALA 332', 'SALA 333', 'SALA 334', 'SALA 335', 'SALA 336', 'SALA 337', 'SALA 338', 'SALA 339', 'SALA 340', 'SALA 341', 'SALA 342', 'SALA 343', 'SALA 344', 'SALA 345', 'SALA 346', 'SALA 347', 'SALA 348', 'SALA 349', 'SALA 350', 'SALA 351', 'SALA 352', 'SALA 353', 'SALA 354', 'SALA 355', 'SALA 356', 'SALA 357', 'SALA 358', 'SALA 359', 'SALA 360', 'SALA 361', 'SALA 362', 'SALA 363', 'SALA 364', 'SALA 365', 'SALA 366', 'SALA 367', 'SALA 368', 'SALA 369', 'SALA 370', 'SALA 371', 'SALA 372', 'SALA 373', 'SALA 374', 'SALA 375', 'SALA 376', 'SALA 377', 'SALA 378', 'SALA 379', 'SALA 380', 'SALA 381', 'SALA 382', 'SALA 383', 'SALA 384', 'SALA 385', 'SALA 386', 'SALA 387', 'SALA 388', 'SALA 389', 'SALA 390', 'SALA 391', 'SALA 392', 'SALA 393', 'SALA 394', 'SALA 395', 'SALA 396', 'SALA 397', 'SALA 398', 'SALA 399', 'SALA 400'. The plan also shows a central staircase and various corridors and service areas.

---

## AULAS TEÓRICAS





# COMPETENCIA CIENTÍFICA Y ENSEÑANZA DE LA GEOLOGÍA

Emilio Pedrinaci

Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra

(pedrinaci@telefonica.net)

## Resumo

Diversos datos muestran que los jóvenes europeos se sienten poco atraídos por las ciencias y perciben la formación científica recibida como irrelevante y difícil. Las principales causas estarían relacionadas con la ciencia que se enseña, muy alejada de los problemas actuales y, sobre todo, con el modo en que se enseña. Esta situación, generalizada en las ciencias, afecta de lleno a la enseñanza de la geología en los niveles no universitarios.

La perspectiva competencial puede ayudar a solucionar el problema en la medida en que ayuda a seleccionar el currículo, centrar la enseñanza en la consecución de aprendizajes significativos y funcionales personal laboral y socialmente, favorecer el uso de metodologías más participativas y contribuir a fijar unos criterios de evaluación pensados para comprobar qué saben hacer los estudiantes con los conocimientos que se supone que han aprendido.

## 1. Introducción

El número de jóvenes europeos que se sienten atraídos por las carreras de ciencias ha experimentado en la última década un progresivo descenso, alcanzado unos valores tan preocupantes que la Comisión Europea encargó a Michel Rocard, ex primer ministro francés, la coordinación de un grupo de expertos que analizase las causas de este desinterés y propusiera medidas para su corrección. El estudio, publicado en 2007 con el título *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*, más conocido como *Informe Rocard*, afirma que las razones por las que los jóvenes no desarrollan el interés por la ciencia son complejas, entre ellas destaca que:

- Los programas están sobrecargados.
- La mayoría de los contenidos que se tratan son del siglo XIX.
- Se enseñan de manera muy abstracta sin apoyo en la observación y experimentación.
- No se muestra su relación con situaciones actuales ni sus implicaciones sociales.

Como consecuencia “los estudiantes perciben la educación científica como irrelevante y difícil”. El informe considera evidente que “existe una conexión entre las actitudes hacia la ciencia y la forma en que se enseña la ciencia” y urge la introducción de cambios sustanciales en la enseñanza de las ciencias.

Sin embargo, ni son nuevas estas conclusiones ni los datos en que se basan. Así, señala el eurobarómetro 224 (2005) que sólo el 15% de los europeos está satisfecho con la calidad de las clases de ciencia que recibió en la escuela, mientras que el 59,5% opina que no son suficientemente atractivas. Estos datos evidencian la brecha existente entre los aprendizajes promovidos por las ciencias y las demandas sociales. Brecha que, dado el ritmo al que avanza la sociedad y la inmovilidad de las propuestas educativas, no deja de aumentar.

El interés de los estudiantes no universitarios por la ciencia es trascendental desde la perspectiva económica. Si la sociedad necesita científicos e ingenieros, obviamente, necesita personas que quieran llegar a serlo y esto sólo ocurrirá si hay suficientes estudiantes que consideran interesante y útil el conocimiento científico. No en vano, la primera recomendación que hace el *Informe Rocard* afirma de manera taxativa: “Puesto que está en juego el futuro

de Europa, los encargados de tomar decisiones deben exigir la mejora de la enseñanza de la ciencia a los organismos responsables de aplicar cambios a nivel local, regional, nacional y europeo” (el subrayado es nuestro).

Pero si la formación científica es necesaria desde la perspectiva económica no lo es menos desde la perspectiva personal. En efecto, una comprensión básica de la ciencia y la tecnología resulta esencial en la preparación de los jóvenes para su vida futura. Y también lo es desde la perspectiva social en la medida en que dicha formación debe proporcionar criterios para intervenir en la toma de decisiones políticas sobre aquellas cuestiones que tienen repercusión en sus vidas (Pedrinaci, 2006 y 2008).

En definitiva, la denominada sociedad del conocimiento requiere que la ciudadanía disponga de una formación científica no sólo mayor sino mejor adaptada a las nuevas exigencias de un mundo globalizado y tecnológicamente avanzado. Frente a estas demandas, el sistema educativo ofrece una enseñanza de las ciencias cuyos contenidos y estrategias didácticas no difieren, en lo fundamental, de los de hace varias (puede que muchas) décadas. Como consecuencia de ello se incrementa la insatisfacción de los jóvenes con la propuesta educativa que se les hace, baja su interés por la ciencia y se reduce el porcentaje que elige estudios científicos universitarios.

## **2. Competencia y alfabetización científica**

El término competencia goza de una larga tradición en el mundo económico y laboral. En él, ser competente implica poseer la capacidad para desempeñar un trabajo, siendo bastante más que una destreza ya que supone tener ciertas habilidades pero también disponer de los conocimientos teóricos y las actitudes necesarias para ejercer bien una profesión. En los años 80, en los países anglosajones empezó a extenderse la noción de competencia como instrumento para evaluar la calidad de los programas de formación profesional. Esta circunstancia evidenció la necesidad de introducir cambios en un sistema académico que valoraba más la adquisición de conocimientos teóricos que la capacidad de utilizarlos de manera eficiente en el desempeño de una profesión. A partir de los años 90 algunos organismos internacionales, como la OCDE y la Unión Europea, impulsan estudios y proyectos para definir las competencias clave, o competencias básicas, que serían necesarias a lo largo de la vida. Así, el proyecto DeSeCo (*Definición y Selección de Competencias*) define competencia como “la capacidad de responder a demandas complejas y llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada. Supone una combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes, emociones y otros componentes sociales y de comportamiento que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz”, (OCDE, 2002, p. 8). El concepto de competencia:

- Incluye conocimientos teóricos, conocimientos prácticos (destrezas) y actitudes de una manera integrada, sugiriendo un tratamiento articulado de todos ellos.
- Supone la capacidad de utilizar los conocimientos anteriores en diferentes contextos, lo que exige la integración y reorganización de los aprendizajes adquiridos.
- Se considera un continuo, no algo que una persona tiene o no tiene. Hay, por tanto, diversidad de grados de competencia, y eso puede proporcionarnos una base para

establecer estándares o niveles de desarrollo competencial.

- Debe desarrollarse a lo largo de la vida. En consecuencia, las competencias seleccionadas deben ser aquellas capaces de favorecer un aprendizaje más allá del período escolar.

¿Es novedosa la perspectiva competencial en la enseñanza de las ciencias? En las dos últimas décadas han sido muchas las voces que han demandado una reorientación de los objetivos de la enseñanza de las ciencias en los niveles obligatorios para procurar una formación científica susceptible de ser aplicada a situaciones habituales de la vida personal, laboral y social. La denominación más utilizada para plasmar esta perspectiva es “alfabetización científica”, y con ella se ha querido establecer una analogía con la alfabetización, en su significado tradicional, que no se consigue sólo con que una persona identifique y reproduzca las letras del abecedario sino que se espera que sea capaz de comprender un texto o expresar una idea por escrito.

Una excelente concreción de lo que debe entenderse por alfabetización científica la realiza Bybee (1997) en los siguientes términos:

“La alfabetización científica significa que una persona puede preguntar, hallar o dar respuesta a cuestiones que su curiosidad le plantea diariamente. Significa que una persona es capaz de describir, explicar y predecir fenómenos naturales. La alfabetización científica capacita para leer en la prensa artículos sobre ciencia y para participar en debates sociales sobre la validez de sus conclusiones. La alfabetización científica implica que la persona puede identificar los temas científicos que determinan las decisiones políticas y expresar posiciones informadas científicamente y tecnológicamente. Un ciudadano científicamente alfabetizado debe ser capaz de valorar la calidad de la información científica basándose en la fuente de la que procede y en los métodos utilizados para generarla. La alfabetización científica también implica tener la capacidad de valorar los argumentos que se derivan de los hechos establecidos y llegar a conclusiones”.

Esta descripción de alfabetización científica encaja perfectamente con el concepto de competencia que estamos definiendo, de ella recoge los elementos fundamentales de su propuesta acerca de cómo reorientar la enseñanza de las ciencias, también sus ideas básicas y sus criterios para priorizar contenidos, pero evita algunos inconvenientes que estaban dificultando la aplicación de las propuestas de alfabetización científica, al tiempo que aprovecha sinergias que incrementan su potencialidad.

La perspectiva competencial ha recibido un fuerte impulso del *Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos* (PISA) de la OCDE que centra su análisis en tres áreas que denomina competencia lectora, c. matemática y c. científica, y define esta última como aquella que “hace referencia a los conocimientos científicos de un individuo y al uso de ese conocimiento para identificar problemas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre cuestiones relacionadas con la ciencia. Asimismo, comporta la comprensión de los rasgos característicos de la ciencia, entendida como un método del conocimiento y la investigación humanas, la percepción del modo en que la ciencia y la tecnología conforman nuestro entorno material, intelectual y cultural, y la disposición a implicarse en asuntos relacionados con la ciencia y con las ideas

de la ciencia como un ciudadano reflexivo” (OCDE, 2006a, p.13). Esta definición es, quizá, demasiado extensa y más compleja que la ofrecida para las competencias lectora y matemática.

Para nosotros (Pedrinaci et al, en prensa), competencia científica es la capacidad de utilizar el conocimiento científico para describir, explicar y predecir fenómenos naturales, para formular y contrastar hipótesis, para utilizar modelos, para comprender los rasgos característicos de la ciencia, así como la capacidad de documentarse, argumentar y tomar decisiones sobre el mundo natural y los cambios que la actividad humana genera en él.

### **3. Cómo puede afectar la perspectiva competencial a la enseñanza de la geología**

En las últimas décadas, se ha venido reduciendo la presencia de la geología en la enseñanza obligatoria de la mayoría de los países occidentales, incluidos aquellos, como España<sup>1</sup>, en los que organizaciones como la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (AEPECT) ha hecho un esfuerzo importante por evitarlo formando al profesorado, divulgando la geología y presionando a la administración educativa. Todos esos esfuerzos ¿sólo? han conseguido frenar la reducción pero no impedirla. La situación es compleja y, como suele ocurrir, son muchas las causas que probablemente han intervenido para reducir la presencia de los conocimientos geológicos en el currículo. Entre ellas pueden citarse el reducido número de profesores de ciencias geólogos en comparación con biólogos, la menor presencia en los medios de comunicación de cuestiones geológicas y muchas más. Pero hay dos que, a mi juicio, han resultado determinantes:

- La demanda social. Existe una fuerte presión social para incluir en la educación obligatoria cuestiones que no formaban parte de los programas escolares tradicionales (sostenibilidad, educación vial, educación para el consumo, violencia de género...), al mismo tiempo debe darse entrada a avances científicos y tecnológicos (TIC, ingeniería genética, biotecnología, nuevos materiales, energías alternativas...). De manera que a cada reforma curricular se le pide que incorpore estos y otros nuevos contenidos, lo que tiene dos consecuencias: saturación en los programas (las entradas no son compensadas con una cantidad equivalente de salidas) e inevitables salidas.

- Unos programas de geología demasiado académicos. Tradicionalmente los currículos de geología en la educación secundaria postobligatoria, pero también los de la obligatoria, han seguido como modelo los manuales universitarios de geología. Y lo hacen no sólo en los contenidos que seleccionan sino también en la estructura que les dan e incluso en la forma en que se trabajan. Como consecuencia, se percibe una geología muy abstracta, con un alto componente de especialidad y un nulo componente instrumental básico. Circunstancia que hace de estos contenidos unos excelentes candidatos para ser desplazados por otros a los que se les reconoce mayor potencial formativo, mayor componente instrumental y mayor utilidad para la vida futura del estudiante tanto desde la perspectiva personal, como laboral o social. Es evidente, sin embargo, que no se trata de unas características inherentes al conocimiento geológico sino propias de una determinada forma de entenderlo, y es esa forma de entenderlo

---

<sup>1</sup>No conozco suficientemente bien la situación en Portugal como para atreverme a valorarla, sería un atrevimiento por mi parte. Refiero, por tanto, mis análisis a España o a una perspectiva más global. Estoy seguro de que sabréis valorar si lo que digo es, en alguna medida, de aplicación al caso portugués e introduciréis los ajustes necesarios.

la que, a mi juicio, debe ser radicalmente modificada. El precio de no hacerlo será la práctica desaparición en los niveles obligatorios de unos conocimientos que, a diferencia de lo que suele creerse, poseen una fuerte componente instrumental y que resultan imprescindibles para tener una idea, por somera que sea, de cómo funciona el planeta en que vivimos y cómo nuestras acciones, hábitos y consumos pueden alterarlo hasta hacerlo inhabitable.

En efecto, la geología, como las demás disciplinas científicas, está constituida por un cuerpo estructurado de conceptos, principios y teorías pero también por los procedimientos utilizados para generar, validar y sustituir esos conceptos, principios y teorías. Y estos procedimientos son conocimientos instrumentales que tienen utilidad para las más variadas situaciones cotidianas y laborales, e incluye tareas como analizar una situación e identificar algunos problemas susceptibles de ser investigados, buscar información, seleccionarla y tratarla, recoger e interpretar datos, leer e interpretar gráficas, hacer correlaciones, formular hipótesis, diseñar estrategias para contrastarlas, alcanzar conclusiones fundadas en hechos, observaciones o experiencias, comunicarlás, construir una argumentación consistente, etc. Pues bien, todos estos procedimientos que la geología comparte con otras ciencias experimentales, más todos aquellos que aporta la geología gracias a su componente histórica, constituyen un conocimiento instrumental de primera magnitud que debe formar parte del bagaje formativo del ciudadano medio.

Pero no es sólo una cuestión de procedimientos, si la Tierra es nuestro hogar, si de ella tomamos los recursos que necesitamos, si de sus condiciones ambientales depende la existencia de nuestra especie y la de todos los organismos que pueblan el planeta, entender cómo funciona debe ser un objetivo central de la formación científica. Pues bien, las ciencias de la Tierra se ocupan de este objetivo y la geología, como núcleo central de las ciencias de la Tierra, aporta conocimientos esenciales para alcanzarlo.

En la inauguración del Año Internacional del Planeta Tierra (AIPT, 2008) señalaba la UNESCO que “todas las decisiones sobre la sostenibilidad global deberían estar fundadas en la riqueza del conocimiento proporcionado por las ciencias de la Tierra”. No es de extrañar que así sea ya que si se exceptúan la madera, las fibras vegetales, la piel y la lana, la casi totalidad de los materiales que se utilizan son minerales y rocas más o menos transformados. Por ello, conocer los recursos minerales, su ubicación y disponibilidad, valorar las reservas de combustibles fósiles o entender la dinámica de las aguas subterráneas y su tasa de renovación, son bases fundamentales para diseñar un desarrollo sostenible.

En las últimas décadas está incrementándose dramáticamente el número de víctimas mortales y los daños materiales producidos por fenómenos naturales como los terremotos, las erupciones volcánicas, las inundaciones o los deslizamientos de ladera. Sin embargo, esta tendencia puede y debe cambiarse. Las ciencias de la Tierra aportan conocimientos que ayudan a predecir y prevenir los fenómenos naturales citados. El uso responsable de estos saberes y su divulgación entre la población puede evitar que un fenómeno natural tenga efectos catastróficos.

Además, la geología ofrece una perspectiva temporal insustituible. Las rocas guardan la memoria del pasado de la Tierra pero también la de los seres vivos que la han poblado. En ellas se encuentran datos clave para descubrir el origen de la vida, la evolución de los

organismos, las causas de las grandes extinciones o el origen de la especie humana. Conocer el pasado resulta imprescindible para entender el presente y predecir el futuro. Así, si quiere comprenderse qué está ocurriendo con el clima global del planeta en estos momentos, si se pretende valorar la influencia que está teniendo la actividad humana y hacer proyecciones para finales del siglo XXI, es necesario saber cómo ha funcionado el clima cuando la especie humana no existía, en qué circunstancias se produjeron los cambios climáticos, qué niveles alcanzaron y a qué ritmo lo hicieron.

No debería haber duda, por tanto, acerca de que muchas de las cuestiones que afectan directamente al ciudadano, sobre las que debe opinar y decidir, tienen su base en las ciencias de la Tierra. Lo que debemos hacer es construir una propuesta de enseñanza de la geología estructurada en torno a problemas relacionados con la vida cotidiana que permita trabajar el conocimiento geológico al tiempo que se evidencia su utilidad.

Y precisamente ahí es donde encaja a la perfección la perspectiva competencial, cuya introducción debería ayudar a seleccionar el currículo, a centrar la enseñanza en la consecución de aprendizajes significativos y funcionales personal, laboral y socialmente, a favorecer el uso de metodologías más participativas y contribuir a fijar unos criterios de evaluación pensados no para constatar si los estudiantes saben reproducir lo que se les ha enseñado sino para comprobar qué saben hacer con los conocimientos que se supone que han aprendido.

#### 4. Referencias bibliográficas

- AIPT (2008). *Declaración presentada en el Acto Mundial de Inauguración del Año Internacional del Planeta Tierra*. París. UNESCO. <http://aiplanetatierra.igme.es/actividades/declaracion.pdf>
- Bybee (1997). *Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices*. Portsmouth: Heinemann.
- Comisión Europea (2005). *Europeans, Science and technology. Eurobarometer 224*. [http://ec.europa.eu/public\\_opinion/archives/eb\\_special\\_en.htm](http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/eb_special_en.htm)
- OCDE (2002). *Definition and Selection of competences (DeSeCo): theoretical and conceptual foundations*. [http://www.portal-sata.admin.ch/deseco/deseco\\_strategy\\_paper\\_final.pdf](http://www.portal-sata.admin.ch/deseco/deseco_strategy_paper_final.pdf)
- OCDE (2006). PISA 2006. Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y lectura. París. <http://www.institutodeevaluacion.mec.es/contenidos/noticias/marcosteoricospisa2006.pdf>
- Pedrinaci, E. (2006). Ciencias para el mundo contemporáneo: ¿Una materia para la participación ciudadana? *Alambique*, 49, 9-19.
- Pedrinaci, E. (2008). ¿Tiene sentido una materia como las Ciencias para el mundo contemporáneo? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16 (1), 9-16.
- Pedrinaci, E.; Caamaño, A.; Cañal, P. y de Pro, A. (en prensa). *Doce ideas clave para el desarrollo de la competencia científica*. Barcelona: Graó.
- Rocard, M, Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Comisión Europea. (Hay una traducción al castellano en *Alambique*, 55, 104- 120).

# **A GEOLOGIA NA EDUCAÇÃO AMBIENTAL: DOS SABERES CIENTÍFICOS À INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA**

**Clara Vasconcelos**

**Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto**

**(cvascon@fc.up.pt)**

## **Resumo**

Sendo inquestionável o domínio de saberes científicos na promoção da Educação Ambiental, não menos premente é a necessidade de se reflectir numa intervenção pedagógica que não seja sustentada em práticas reducionistas, comportamentalistas e ritualizadas, mas que procure desenvolver esta dimensão educativa numa perspectiva de “educar para mudar a sociedade, procurando que a tomada de decisões se oriente para um desenvolvimento humano que seja simultaneamente causa e efeito da sustentabilidade e da responsabilidade global (Caride & Meira, 2004, p.15)”. Não esquecendo que a Educação Ambiental deve ser detentora de uma abordagem transdisciplinar, exploraremos nesta comunicação apenas o papel do conhecimento geológico no respectivo desenvolvimento de competências face aos problemas ambientais que afectam a vida planetária de forma transgeracional. O recurso a estratégias e actividades, inovadoras ou simplesmente renovadas, podem ser alternativas para auxiliar o professor a dirigir a intervenção pedagógica para o desenvolvimento sustentável.

## **1. Educação Ambiental ou Educação para o Desenvolvimento Sustentável?**

A multiplicidade de educações ambientais (Alfabetização Ecológica, Ecopedagogia, Educação no Processo de Gestão Ambiental, Ciências Ambientais...) tornou necessário definir o sentido conceptual da Educação Ambiental, pois esta terminologia não deve ser apenas um nome que historicamente se convencionou dar às práticas educativas relacionadas com a questão ambiental (Carvalho, 2004). A mesma autora remarca, ainda, a necessidade de a Educação Ambiental ter uma identidade própria, assumindo-a como necessária para uma tomada de posição de responsabilidade pelo mundo, connosco, com os outros e com o ambiente. Assim, e numa postura de Educação Ambiental *crítica*, isto é, capaz de contribuir para uma mudança de valores e atitudes, refere as suas pretensões:

- “promover a compreensão dos problemas socioambientais em suas múltiplas dimensões: geográficas, históricas, biológicas, sociais e subjectivas, considerando o ambiente como o conjunto das interrelações que se estabelecem entre o mundo natural e o mundo social, mediado por saberes locais e tradicionais, além dos saberes científicos;
- contribuir para a transformação dos actuais padrões de uso e distribuição dos bens ambientais em direcção a formas mais sustentáveis, justas e solidárias de vida e de relação com a natureza;
- formar uma atitude ecológica dotada de sensibilidades estéticas, éticas e políticas sensíveis à identificação dos problemas e conflitos que afectam o ambiente em que vivemos;
- implicar os sujeitos da educação na solução ou melhoria destes problemas e conflitos através de processos de ensino-aprendizagem, formais ou não formais, que preconizem a construção significativa de conhecimentos e a formação de uma cidadania ambiental;
- actuar no quotidiano escolar e não escolar, provocando novas questões, situações de aprendizagem e desafios para a participação na resolução de problemas, buscando articular escola com os ambientes locais e regionais onde estão inseridos;
- construir processo de aprendizagem significativa, relacionando a experiência já existente

com questões e experiências que possam gerar novos conceitos e significados para quem se abre à aventura de compreender e se deixar surpreender pelo mundo que o cerca;

- situar o educador como, sobretudo, um mediador de relações socio-educativas, coordenador de acções, pesquisas e reflexões – escolares e/ou comunitárias – que oportunizem novos processos de aprendizagens sociais, individuais e institucionais” (Carvalho, 2004, p.21).

Segundo Caride & Meira (2004), há três tendências relativas à interacção entre Educação e Ambiente, que se desenham há séculos e que encontram paralelismo na história mais recente, esta última resultante do protagonismo pedagógico crescente adquirido pelo meio ambiente: (i) ensinar *sobre* o ambiente (terá prevalecido entre o século XV e o século XIX); (ii) ensinar *no* ambiente (vigorou entre os anos centrais do século XIX até meados do século XX); e (iii) ensinar *para* o ambiente (surge nos finais do século XX e início do século XXI). Contudo, as Nações Unidas declararam o decénio 2005-2014 a década Internacional para o Desenvolvimento Sustentável, correspondendo a Educação Ambiental a *ensinar para o desenvolvimento sustentável*. (Gough, citado por Palmer, 2006). Esta mudança paradigmática radical na abordagem à Educação Ambiental é, segundo Palmer (2006), uma forma de contribuir para o entendimento internacional sobre o desenvolvimento sustentável – auxiliar o cidadão a compreender as relações de produção e consumo de bens naturais, a adquirir um comportamento apropriado face ao meio ambiente e a desenvolver o pensamento ecológico. Está implícita a redefinição dos objectivos da Educação Ambiental, aceites consensualmente há décadas e desajustados dos contextos político, social, ecológico, cultural e histórico actuais, direccionando-os, agora, para a interacção entre ser humano e ambiente (Vasconcelos, 2008).

A problemática estabelecida entre a designação desta dimensão educativa leva alguns autores a considerarem que não é desejável que uma designação substitua a outra, mas antes que convivam como parentes muito próximas, entendendo-se que numa fase da nossa história educativa tiveram necessidade de conviver lado a lado (Freitas, 2006). McKeown & Hopkins (2003) referem que, até à Conferência do Rio de Janeiro (1992), a Educação Ambiental preocupou-se sobretudo com problemas relacionados com o ambiente e com o impacto ambiental causado pelo ser humano, não sobressaindo as questões sociais e económicas. Abordava essencialmente as questões relacionadas com a gestão de recursos, resíduos tóxicos, poluição e a ameaça nuclear. Contudo, no capítulo 36 da Agenda 21 (documento emanado da Cimeira da Terra, realizada no Rio de Janeiro em 1992) a Sustentabilidade passa a integrar três pilares: o social, o económico e o ambiental (justificando-se o surgimento da designação de Desenvolvimento Sustentável) que é necessário equilibrar ao equacioná-la ao nível político. Neste contexto, o Desenvolvimento Sustentável, tal como referido na Cimeira da Terra, vai de encontro com o pretendido equilíbrio entre desenvolvimento sustentável humano e protecção ambiental.

Segundo os mesmos autores, o novo paradigma da Educação Ambiental impõe uma reorientação da Educação, exigindo o desenvolvimento de estratégias para ensinar literacia, competências, perspectivas e valores capazes de guiar e motivar o cidadão a viver de forma sustentável e a participar numa sociedade democrática. Este processo passa pelo reforço da formação e aperfeiçoamento de professores de todos os níveis de ensino, nomeadamente



através de acções no âmbito da Formação Continua que implicará não só um despertar da consciência pelas questões ambientais como, também, por uma renovação de metodologias e estratégias a aplicar em contexto escolar (Vasconcelos, 2008).

## **2. Dos saberes científicos à intervenção pedagógica**

Sabemos que a Educação Ambiental, de forma explícita ou integrada em programas curriculares de várias disciplinas, há várias décadas que é promovida em termos educacionais internacionais e nacionais. Com a Década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável, as abordagens referidas em contexto escolar foram certamente evoluindo e acompanhando as mudanças políticas e as necessidades sociais de cada país (Vasconcelos, 2008).

Palmer (2006) sugere que o ensino da Educação Ambiental para o desenvolvimento sustentável pode apoiar-se em: (i) experiências de vida significativas - referindo a influência dos pais, dos parentes próximos e dos amigos; o impacto de desastres ambientais; a influência da leitura de livros e da visualização de programas televisivos, a importância de viagens e, principalmente, do contacto directo com a natureza; (ii) programas, conteúdos e actividades educativas - salientando a importância de actividades em contacto com o meio ambiente, como, por exemplo, as actividades de campo que permitem aumentar a responsabilidade do aluno; e (iii) acções de desenvolvimento profissional dirigidas aos professores de Educação Ambiental - referindo-as quer ao nível da formação inicial, quer ao nível da formação contínua.

Contudo, embora a Educação Ambiental tenha evoluído de um estatuto curricular marginal para uma real preocupação educacional (Cusik, 2008), professores de diversos níveis de ensino continuam a ter dificuldades em adoptar estratégias e actividades que mereçam ser implementadas em sala de aula, principalmente pela falta de desenvolvimento profissional, o que impossibilita a oferta de uma efectiva Educação Ambiental (Parlo & Butler, 2002). Assim, é pertinente a incrementação da investigação e experimentação no que diz respeito a conteúdos, metodologias de ensino e estratégias para promover as mensagens da Educação Ambiental (Teixeira, 2003). A pesquisa e os estudos vocacionados para a dimensão ambiental são de importância crucial para a formulação de materiais e metodologias de ensino e na procura de alternativas curriculares e estratégicas (Díaz, 1995).

Tem havido um profundo interesse num desenvolvimento curricular fortemente vocacionado para a Educação Ambiental (Orr, 2004). Destaca-se, por exemplo, o desenvolvimento de programas de ensino com temáticas referentes à preservação ambiental e à divulgação de informação científica e técnica promovendo, em simultâneo, o desenvolvimento de competências relacionadas com a preservação ambiental. Deste modo, o professor deve adquirir um perfil dinâmico e interventivo, com vista a estar apto a superar o grande desafio que se coloca - saber adaptar às novas circunstâncias da sociedade da informação, e na imensa aldeia global, os conteúdos, as metodologias e as estratégias adequados na implementação de uma Educação Ambiental, menos passiva e mais reflexivo-crítica (Vasconcelos, *no prelo* a)

Parte das ambições propostas na Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável (2004) passam por estratégias de Educação Ambiental, a serem concretizadas nas escolas dos ensinos básico e secundário, pelo que os conteúdos, metodologias e estratégias devem ser adaptados, promovendo-se as ligações Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente e a

protecção e conservação da natureza, referindo-se os riscos das inovações tecnológicas para o indivíduo, a sociedade e o ambiente, sem esquecer a promoção da cidadania. Para além de clubes de ciências e trabalhos de projecto desenvolvidos por alguns docentes, é necessário cuidar de metodologias e estratégias *de e para* a Educação Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável. Teixeira (2003) considera a Educação Ambiental como uma dimensão educativa que deve promover experiências quer de resolução de problemas, de tomada de decisões e participação consubstanciadas nos interdependentes aspectos ecológico, político, social, económico, estético e ético, quer de mudanças no comportamento e nas atitudes que auxiliem a resolução de problemas (actuais e vindouros) relacionados com o ambiente.

Não menos importante que a exploração de conteúdos conceptuais, que permitam ao aluno pensar em aplicações e soluções práticas para o desenvolvimentos sustentável, há a necessidade de o professor reflectir na necessária renovação ou adaptação de metodologias, estratégias e actividades, como exigência de uma Educação Ambiental que não pretende a implementação de práticas ritualizadas, mas que procurem “educar para mudar a sociedade, procurando que a tomada de decisões se oriente para um desenvolvimento humano que seja simultaneamente causa e efeito da sustentabilidade e da responsabilidade global (Caride & Meira, 2004, p.15)”.

Freitas (2005) refere algumas formas potenciadoras da implementação da década das Nações Unidas. Apologista de uma intervenção na educação/ensinos básico e secundário, salienta que a incidência deve ser tanto no domínio curricular como ao nível das actividades e do funcionamento da escola. Entre outras, refere actividades como a realização de *workshops* anuais de troca de experiências com posterior divulgação, a instituição de prémios de destaque para abordagens particularmente criativas e o recurso ao *portfolio* com estratégia de trabalho com alunos. Salienta, ainda, a necessidade de a escola se transformar num espaço de vivência activa e cooperativa de experiências de sustentabilidade, e de aprofundar os seus laços com a comunidade numa tentativa de colaboração na procura de solução de problemas locais. As sugestões referidas podem ser assumidas por qualquer área disciplinar, nomeadamente pela Geologia e no âmbito dos ensinos formal e não formal. Pelo exposto, ao nível do ensino da Geologia será necessário repensar os currículos em termos de Desenvolvimento Sustentável, quer reanalizando os conteúdos científicos, quer renovando metodologias e estratégias de ensino (Vasconcelos, *no prelo b*).

A inquietude levantada pela procura de metodologias, estratégias e actividades educativas orientadas para a Educação Ambiental suscita, de imediato, a necessidade desta dimensão educativa percorrer transversalmente todo o currículo escolar, numa perspectiva de sensibilização e de aprendizagem para o desenvolvimento sustentável. Nesse sentido pensamos, nesta comunicação, referir o que na actualidade pode ser desenvolvido, ensinado e aprendido em termos de cidadania e a sua relação com o Planeta Terra. Assim, remarcando o actual compromisso da Geologia com a Educação Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável, perscrutamos estratégias e actividades potenciadoras dessa interdisciplinaridade, sem esquecer o empenho numa reflexão transdisciplinar necessário para a formulação de uma visão unitária e sistemática da Educação Ambiental (Vasconcelos, 2008).

### 3. A Geologia na Educação Ambiental

Recorrendo a formas interventivas diferentes, o Ensino da Geologia poderá contribuir para a Educação Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável em todos os níveis de ensino. Como referido por Vasconcelos (*no prelo a*), compete às instituições de ensino superior o desenvolvimento de trabalhos de investigação em Geologia que envolvam esta dimensão educativa e potenciem a inclusão dos resultados obtidos em reorientações curriculares ao nível da escolaridade obrigatória e ao nível do ensino secundário e, ainda, nos próprios programas de unidades curriculares do ensino universitário. A mesma autora refere, ainda, que os ensinoss básico e secundário devem potenciar o desenvolvimento da Educação Ambiental permitindo o desenvolvimento de competências diversas que auxiliarão o aluno a potenciar a aprendizagem ao longo da vida e a construir competências necessárias a um cidadão interventivo social e ambientalmente: (i) repensando os Currículos de Geologia (ou que integrem esta área científica) no quadro da sustentabilidade; (ii) introduzindo ou enfatizando conteúdos conceptuais que permitam fazer emergir problemas ambientais onde a Geologia tem papel determinante; e (iii) recorrendo a metodologias e estratégias de ensino inovadoras ou, pelo menos, possuidoras de uma nova orientação em termos educacionais. Como exemplo de estratégias e actividades a serem desenvolvidas, a citada autora refere: (i) um trabalho de campo em áreas de reconhecido património geológico, com realce para questões de ordenamento do território, de risco geológico e de gestão de recursos; (ii) um trabalho laboratorial problematizador capaz de potenciar uma aprendizagem e o desenvolvimento de competências a serem utilizados no quotidiano e na intervenção social responsável de um cidadão com preocupações e valores de desenvolvimento sustentável; e (iii) o recurso a um desenho curricular, não apenas orientado por problemas mas promotor de uma aprendizagem baseada na resolução de problemas.

Como exemplos de algumas actividades, na presente comunicação serão referidas as seguintes:

- (i) um trabalho de campo desenvolvido numa antiga exploração mineira, fundamentado na Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas e abordando a temática da exploração de recursos geológicos e impacte ambiental;
- (ii) uma actividade prática (adaptada de McKeown (2002) - *Education for Sustainable Development: Toolkit*) abordando o consumo de recursos remarcando o compromisso expresso pela comissão Brundthand (CMMAD, 1987 - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU): “um desenvolvimento capaz de satisfazer as necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazer as suas próprias necessidades”; e
- (iii) uma possível exploração no âmbito CTSA, referindo os minerais necessários no fabrico dos computadores e, quando estes são resíduos electrónicos, a libertação de metais pesados para o ambiente e as diversas alterações na fisiologia dos diversos componentes da cadeia alimentar.

### 4. Referências bibliográficas

Caride, J. A. & Meira, P. A. (2004). *Educação Ambiental e Desenvolvimento Humano*. Lisboa: Instituto Piaget.

- Carvalho, I. C. M. (2004). Educação Ambiental Crítica: nomes e endereçamentos da educação. In Philippe Pomier Layrargues. *Identidades da Educação Ambiental Brasileira* (pp.13-24). Brasília: Ministério do Meio Ambiente
- CMMAD (1987). *Nuestro futuro común*. Madrid: Alianza Editorial.
- Cusick, J. (2008). Study abroad in support of education for sustainability: A New Zealand case study. *Environment, Development and Sustainability*. Acedido em 26 de Fevereiro, 2009. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/gg4322473400q953/>
- Díaz, A. P. (1995). *La Educación Ambiental como Proyecto*. Cuadernos de Educación. Barcelona: I.C.E. Universitat Barcelona/Editorial Horsori.
- Freitas, M. (2005). Educação para o Desenvolvimento Sustentável: Sugestões para a sua implementação no âmbito da Década das Nações Unidas. In B. Silva & Leandro S. Almeida (Orgs.). *Actas do Congresso Galaico Português de PsicoPedagogia*, 8, (pp.1474-1488). Braga: Universidade do Minho.
- Mckeown, R. & Hopkins, C. (2003). EE≠ESD: defusing the worry. *Environmental Education Research*, 9 (1), 117-128.
- Mckeown, R. (2002). Education for Sustainable Development – Toolkit. Tennessee: university of Tennessee. Acedido em 30 de Setembro de 2006. Disponível em: <http://www.esdtoolkit.org>
- Orr, D. W. (2004). *Earth in Mind: On Education, Environmental, and the Human Prospect*. London: Island Press.
- Palmer, J. A. (2006). *Environmental Education in the 21st century: Theory, practice, progress and promise*. London: Routledge.
- Parlo, A. T., & Butler, M. B. (2007). Impediments to Environmental Education Instruction in the Classroom: A Post-Workshop Inquiry. *Journal of Environmental & Science Education*, 2 (1), 32-37.
- Teixeira, F. (2003). *Educação Ambiental em Portugal: Etapas, Protagonistas e Referências Básicas*. Lisboa: Liga para a Protecção da Natureza.
- Vasconcelos, C. (2008). A Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas: Um estudo no âmbito da Educação Ambiental. Relatório de Pós-Doutoramento. Braga: Instituto de Educação e Psicologia da Universidade do Minho.
- Vasconcelos, C. (no prelo a). Desafios para a Educação em Ciência no século XXI: O contributo do Ensino da Geologia. *Ciências Geológicas – Ensino, Investigação e sua História*.
- Vasconcelos, C. (no prelo b). Geologia e Educação Ambiental: Propostas para uma renovação metodológica. *Educação*.

# **O TEMPO DOS FÓSSEIS**

**Maria Helena Henriques**

**Departamento de Ciências da Terra e Centro de Geociências da Faculdade de Ciências e  
Tecnologia da Universidade de Coimbra**

**(hhenriq@dct.uc.pt)**

## **Resumo**

O fóssil, como representante de tempo geológico, constitui um testemunho incontornável na calendarização do tempo da Terra. Todo o fóssil representa tempo geológico, mas cada fóssil representa um determinado tempo geológico. Para além dos fósseis estratigráficos e dos chamados “fósseis vivos”, o registo fóssil integra outros tipos de fósseis, que representam tempo geologicamente anterior ao tempo atribuído aos sedimentos que os contêm – “os fósseis reelaborados”. O seu reconhecimento é do maior interesse biostratigráfico e biocronológico, e assenta num conjunto de critérios, em que as relações entre fóssil e rochas encaixantes não são irrelevantes. Esta interdependência deve ser tida em conta aquando da concepção e implementação de intervenções educativas centradas na dimensão temporal dos fósseis, sobretudo naquelas que envolvem trabalho de campo que contemple a colecta de fósseis.

## **1. Introdução**

O tempo materializado em fósseis constitui um problema. Os fósseis não são todos do mesmo tempo e não representam, todos, o mesmo tempo. Existem fósseis em estratos que não são contemporâneos desses estratos. Existem fósseis em estratos cujos seres que lhes deram origem nunca viveram naquele lugar. Existem fósseis que persistem ao longo de sucessivos estratos de um perfil estratigráfico, constituindo essa presença critério para o estabelecimento de limites de tempo geológico, de acordo com preceitos próprios e sujeito a mecanismos específicos de validação. Existem outros, nas mesmas circunstâncias, que não o permitem. Existem fósseis que, só quando ocorrem associados a outros fósseis, possibilitam a delimitação de intervalos de tempo. Existem fósseis que se referem a espécies cujos representantes ocuparam, em simultâneo e num dado tempo, locais distintos do planeta.

Em resumo, todo o fóssil representa tempo geológico, mas cada fóssil representa um determinado tempo geológico do qual, em certos casos, nem sequer existe registo estratigráfico, estando, por conseguinte, fora do tempo geológico estabelecido com base na ocorrência de fósseis integrando o registo estratigráfico.

Assim, estabelecer limites de tempo geológico com base no registo fóssil implica determinar, com fiabilidade, o valor temporal dos fósseis, tarefa que requer uma interpretação cuidada dos mecanismos que regulam a passagem do ser vivo a fóssil, e que se inferem, não só a partir das alterações observadas nas entidades registadas e decorrentes dos processos de fossilização, mas também das relações topológicas entre fósseis e rochas encaixantes, que estão correlacionadas com a ordem cronológica em que tais processos foram produzindo transformações sobre os restos originais (Fernández López, 1997).

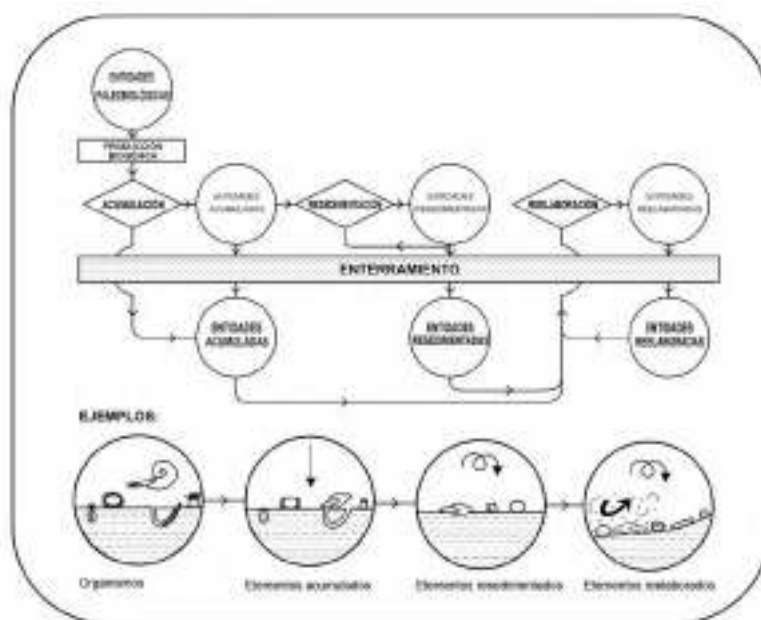
## **2. Categorias de fósseis e seu significado temporal**

A identificação de cada um dos tipos de fósseis atrás mencionados assenta num conjunto de critérios, relativamente aos quais as relações entre fóssil e rochas encaixantes assumem a maior relevância. Tratam-se de critérios do âmbito da Tafonomia, disciplina científica que deve a sua designação a Efremov (1940), e que estuda os processos de fossilização e a formação

dos jazigos de fósseis (Fernández López, 2000).

De acordo com Fernández López (1984), tendo em conta os estados mecânicos de fossilização, é possível classificar os elementos fósseis em três categorias – acumulados, ressedimentados e reelaborados – cujo significado, relativamente ao respectivo potencial de fundamentação e calibração de escalas de tempo geológico, é significativamente diferente. As relações genéticas entre os processos de acumulação, ressedimentação e reelaboração estão representadas na figura 1.

A acumulação tafonómica corresponde a um processo de incorporação na litosfera de novos elementos tafonómicos biogenicamente produzidos, ou seja, o termo designa o processo de transferência de informação paleobiológica (e não de entidades paleobiológicas) da biosfera para a litosfera (Fernández López, 2000). Dito de outra forma, os fósseis acumulados correspondem a representações de organismos ou vestígios da sua actividade, que foram enterrados no local da morte ou produção (enterro autóctone), incluindo-se aqui, por exemplo, as conservações excepcionais (Fossil-Lagerstätten) e os icnofósseis (Henriques, 2007) (Fig. 2).



#### CRITÉRIOS DE REELABORAÇÃO TAFONÓMICA:

- 1) Diferenças de composição química e/ou mineralógica entre molde interno e matriz.
- 2) Diferenças texturais entre molde interno e matriz.
- 3) Descontinuidade estrutural entre molde interno e matriz.
- 4) Estruturas geopetais do molde interno inversas (relativamente à estratificação) ou incongruentes entre si.
- 5) Superfícies de fractura do molde interno.
- 6) Superfícies de desarticulação do molde interno.
- 7) Facetas de abrasão.
- 8) Sinais de bioerosão.
- 9) Incrustação do molde interno.

**Figura 1.** Significado, exemplos e critérios de reelaboração tafonómica (Fernández López, 2000).

Depois de serem acumulados, alguns elementos conservados podem ser deslocados sobre o substrato, designando-se remoção ou remobilização a este mecanismo de alteração tafonómica (Fernández López, 2000). A ressedimentação tafonómica corresponde a um processo de alteração tafonómica, que consiste no deslocamento, antes de serem enterrados e, consoante o caso, deterioração, de restos ou marcas de entidades biológicas previamente acumuladas (Fig. 3). Os fósseis ressedimentados, apesar de serem geologicamente contemporâneos dos sedimentos encaixantes, representam entidades cujos restos esqueléticos sofreram transporte após a morte ou produção, antes do enterro (alóctone) final nos sedimentos. São úteis como instrumentos de datação (Fig. 4), mas menos relevantes como suporte à elaboração de reconstituições paleoambientais ou em análises paleoecológicas realizadas a partir de associações registadas (Henriques, 2007).



**Figura 2.** Pistas de locomoção, atribuídas a megalossaurídeos, registadas em sedimentos do Oxfordiano do Monumento Natural do Cabo Mondego.



**Figura 3.** A elevada concentração de fósseis, registada nesta sequência tempestítica do Oxfordiano do Monumento Natural do Cabo Mondego, evidencia deslocamento, antes de serem enterrados, de restos de ostréídeos e de corais.





**Figura 4.** Lado esquerdo: exemplar ressedimentado de *Toxilioceras* cf. *mundum* (BUCKMAN). Foi com base na primeira ocorrência de uma associação registada contendo representantes desta espécie, e de outras com ela relacionadas, que, em 1996, a União Internacional de Ciências Geológicas (IUGS) estabeleceu o estratotipo de limite do Bajociano (Global Boundary Stratotype and Section) na base da camada AB11 (assinalada com um martelo na foto do lado direito) do perfil da Murtinheira, situado no Monumento Natural do Cabo Mondego (Henriques, 2006, 2008).

A *reelaboração tafonómica* corresponde a um processo de alteração tafonómica que consiste no desenterro, deslocamento e, consoante o caso, deterioração, de restos ou marcas de entidades biológicas (Fernández López, 2000). Os fósseis reelaborados são geologicamente anteriores à formação das rochas que integram, não permitindo, por conseguinte, fundamentar a sua idade relativa (Henriques, 2007). A identificação dos fósseis reelaborados faz-se aplicando um conjunto de critérios pela primeira vez estabelecidos a partir de associações de amonites da Cordilheira Ibérica (Fernández López, 1984), que correspondem a características observáveis que os elementos fósseis apresentam, e sem ter de ter em conta a sua idade ou a idade dos corpos rochosos em que se encontram (Fernández López, 1997). Os fósseis reelaborados são frequentemente mais atraentes de colectar; se utilizados, de forma indiscriminada, para fins biostratigráficos e/ou biocronológicos, podem, contudo, conduzir à atribuição de idades relativas erradas, aquando da caracterização de unidades estratigráficas fossilíferas (Fig. 5).





**Figura 5.** Amonites do Pliensbaquiano inferior de Peniche. Lado esquerdo: amonite reelaborada de *Metaderoceras* sp. (x2) exibindo diferenças petrográficas e descontinuidade estrutural (Sd) entre o sedimento de preenchimento do molde e o sedimento da rocha encaixante, e mantendo forma e volume originais como resultado de cimentação precoce rápida. Lado direito: amonite ressedimentada de *Dayiceras* sp. O preenchimento do molde está circunscrito à última parte da câmara de habitação. Os septos foram dissolvidos e a espessura do molde interno está reduzida a alguns milímetros, como resultado da compactação sedimentar durante a sin-diagénese. O asterisco, em ambos os exemplares, indica o final do fragmocone (Fernández López *et al.*, 2000).

### 3. Implicações educativas

A utilização plena dos fósseis como objectos de interesse, quer científico quer didáctico, requer a sua interpretação no contexto geológico em que ocorrem, pois as relações topológicas entre fósseis e rochas encaixantes não são irrelevantes para uma das suas utilizações mais tradicionais – o estabelecimento de unidades biostratigráficas. Esta interdependência deve ser tida em consideração, sobretudo aquando da concepção e implementação de intervenções educativas centradas na dimensão temporal dos fósseis, e que envolvam actividades de colecta de fósseis no âmbito do trabalho prático de campo. A idade relativa dos estratos determina-se tendo em conta exclusivamente a idade relativa dos fósseis acumulados e/ou ressedimentados neles incluídos, e não de forma indiscriminada a partir de qualquer elemento ali conservado, pois “um fóssil não é mais recente que outro por estar num estrato sobreposto, nem uma rocha é mais antiga que outra por conter um fóssil mais antigo” (López Martínez & Truyols Santoja, 1994, p. 243).

Mas, ao valorizar-se o fóssil como testemunho de “mundos desaparecidos”, atendendo ao significado das relações entre ele e os sedimentos encaixantes, suscita-se, igualmente, no aluno, enquanto cidadão, a necessidade de, respeitando aquelas relações, adoptar atitudes responsáveis perante os jazigos fósseis, evitando o “geovandalismo” (Van Loon, 2008), e valorizando uma das dimensões de relevância crescente no quadro das inter-relações que a Paleontologia estabelece com a sociedade – a conservação e a valorização do Património Paleontológico, parte integrante do Património Geológico da Terra (Henriques, 2006, 2007).

## Agradecimentos

Este trabalho insere-se nas actividades do Projecto PTDC/CTE-GEX/64966/2006 – “Identificação, caracterização e conservação do património geológico: uma estratégia de geoconservação para Portugal” –, financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia.

## 4. Referências bibliográficas

- Efremov, J. A. (1950). Taphonomie et annales géologiques. *Annales du Centre d'Études et de Documentation Paléontologiques*, 4 (1953), 1-196.
- Fernández López, S. (1984). Criterios elementales de reelaboración taxonómica en ammonites de la Cordillera Ibérica. *Acta Geol. Hispánica*, 19 (29), 105-116.
- Fernández López, S. (1997). Fósiles de intervalos sin registro estratigráfico: una paradoja geológica. In E. Aguirre, J., Morales & D. Soria (Eds.). *Registros fósiles e Historia de la Tierra* (pp. 79-105). Madrid: Editorial Complutense.
- Fernández López, S. (2000). *Temas de Tafonomía*. Madrid: Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid.
- Fernández López, S., Duarte, L. V. & Henriques, M. H. (2000). Ammonites from lumpy limestones in the Lower Pliensbachian of Portugal: taphonomic analysis and palaeoenvironmental implications. *Rev. Soc. Geol. España*, 13 (1), 3-15.
- Henriques, M. H. (2006). O Bajociano do Cabo Mondego como recurso educativo de geociências. In F. Carlos Lopes & P. M. Callapez (Coord.). *As Ciências da Terra ao Serviço do Ensino e do Desenvolvimento: o Exemplo da Figueira da Foz* (pp. 51-61), Figueira da Foz: Kiwanis Clube da Figueira da Foz.
- Henriques, M. H. (2007). Paleontologia – Uma ponte entre as Geociências e a Sociedade. In I. S. Carvalho, R. C. T. Cassab, C. Schwanke, M. A. Carvalho, A. C. S. Fernandes, M. A. C. Rodrigues, M. S. S. Carvalho, M. Arai & M. E. Q. Oliveira (Eds.). *Paleontologia: Cenários de Vida* (Vol. 2, pp. 41-49). Rio de Janeiro: Editora Interciência.
- Henriques, M. H. (2008). Cabo Mondego, Monumento Natural. *Geonovas*, 21, 3-4.
- López Martínez, N. & Truyols Santoja, J. (1994). *Paleontología. Conceptos y métodos*. Madrid: Editorial Síntesis, Col. Ciencias de la Vida.
- Van Loon, A. J. (2008). Geological education of the future. *Earth-Science Reviews*, 86, 247-254.

# ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E IMPACTOS NA LINHA DE COSTA

Maria da Conceição Pombo de Freitas [1] & César Freire de Andrade [2]

[1] e [2] Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

(cfreitas@fc.ul.pt; candrade@fc.ul.pt)

## Resumo

Portugal é um país com uma linha de costa bastante extensa e ocupada, o que justifica as preocupações com a temática das alterações climáticas, as respectivas consequências e impactos no litoral, que são aqui abordados escalas temporais que vão desde o passado geológico à projecção até ao final deste século. Sempre que possível, pretende-se analisar esta temática à escala global e nacional. Abordam-se as alterações climáticas como o aumento da temperatura e modificação da pluviosidade; as suas consequências - elevação do nível médio do mar e variação da taxa de elevação e do regime de ondulação e temporais; os respectivos impactos na zona litoral: maior probabilidade e extensão de inundação, intensificação da erosão, assoreamento e intrusão salina.

## 1. Introdução

A linha de costa de Portugal é extensa, com cerca de 1850 km, e reparte-se equitativamente pelo Continente e Regiões Autónomas (RA) dos Açores e da Madeira. Porém, a razão entre o comprimento de linha de costa e a superfície é invulgarmente elevada, de 0.01 no Continente e excede 0.3 km<sup>-1</sup> nas RA.

É na zona costeira do nosso território, e mais concretamente nos concelhos litorais, que se concentra mais de ¾ da população, gerando densidade populacional dupla da média nacional (a que acrescem fluxos sazonais significativos) e onde se produz a maior parte do PIB. As perspectivas de desenvolvimento futuro apontam para o incremento desta tendência de concentração. Neste contexto de ocupação e valorização crescentes de uma faixa estreita mas intrinsecamente dinâmica, dotada de uma mobilidade que apenas conhecemos da experiência do passado, é, pois, da maior relevância a abordagem das alterações climáticas expectáveis no horizonte temporal próximo (aumento da temperatura, modificação do regime de ventos e da pluviosidade), das suas consequências (elevação do nível médio do mar – NMM, variação da taxa de elevação do nível médio do mar e do regime de ondulação e temporais) e dos respectivos impactos na zona litoral (maior probabilidade e extensão de inundação, intensificação da erosão, assoreamento, intrusão salina), aqui encarados de um ponto de vista dos processos físicos e conteúdos abióticos. Esta abordagem, se efectuada para além das projecções de âmbito muito geral, é particularmente difícil e trabalhosa. Para tal, contribui a grande diversidade litológica e estrutural característica do nosso litoral (que inclui rochas de todas as unidades tectonoestratigráficas que formam o território) e, consequentemente, geomorfológica (praias arenosas lineares marginadas por dunas ou arribas, praias encaixadas, vertentes litorais, arribas e plataformas de abrasão, promontórios e baías, tómbolos, restingas e ilhas-barreira limitando lagunas e estuários aos quais se associam a maior parte das zonas húmidas, com sapais e rasos de maré), aliada a orientações e índice de exposição diferente e abastecimentos sedimentares também contrastantes. Daqui resulta ser praticamente impossível generalizar modelos de funcionamento (actuais ou projectados no futuro) construídos para uma determinada unidade litoral, a outra, mesmo que vizinha – é absolutamente necessário incluir a especificidade de cada local nestes estudos.

## 2. Alterações climáticas

As alterações climáticas ocorridas no nosso planeta constituem tópico familiar aos geólogos. Na realidade, o registo geológico conserva testemunho de numerosas modificações do clima do nosso Planeta, com diferente intensidade, materializadas pela sucessão de ciclos de aquecimento e arrefecimento globais de duração diversa e devidas a causas também diversas, como a tectónica, as modificações na composição da atmosfera ou nas correntes oceânicas, causas astronómicas ou fenómenos de escala intermédia, como o de El Niño, uma das expressões da Oscilação do Hemisfério Sul. Se atendermos ao período mais recente de evolução global do planeta, os últimos 18 000 anos (após o Último Máximo Glaciar – UMG), temos conhecimento de importantes variações ambientais e climáticas no Hemisfério Norte, com expressão na paisagem. A complexidade dos sistemas tectónico, morfo e bioclimático, aliada ao carácter regional-local da resposta das margens continentais àquelas modificações, inibem a construção de um modelo único de evolução com validade universal. Porém, é possível reconhecer semelhanças nos grandes traços de evolução climática na banda de latitudes intermédias do Hemisfério Norte, desde aquela data. Com efeito, a maioria dos autores concorda em atribuir ao UMG um mínimo da temperatura média global da ordem de 4-5°C mais baixo que o actual e um máximo da retenção de água sob a forma de gelo nas regiões circumpolares e nos glaciares de montanha. Desde então, o clima melhorou progressivamente, embora de forma não linear. Estudos da composição isotópica do oxigénio de materiais recolhidos em sondagens oceânicas profundas sugerem que a deglaciação se iniciou por volta de 15 000 a 14 500 BP (BP – “antes do presente”, sendo 1950 a data convencional que caracteriza o presente) no Atlântico Norte e de 16 500 - 13 000 BP no Atlântico Sul. Durante o Tardiglaciar, intervalo que medeia entre pouco antes de 13 000 BP e 10 000 BP, reconhecem-se na generalidade do Hemisfério Norte duas fases mais frias, de duração milenar e com expressão regional (Dryas antigo e Dryas recente), separadas por um período mais quente (Bölling-Allerød), a que se segue outro intervalo (Holocénico) caracterizado por acentuado melhoramento climático, com expressão em marcado aumento da temperatura e que perdura até hoje. Entre 6 000 e 5 000 BP, a temperatura média do ar nas regiões das latitudes médias e elevadas teria alcançado cerca de 1 a 2°C acima da actual, o que levou à designação deste período por Idade do Clima Óptimo ou Óptimo Climático. Após o Óptimo Climático as condições tornaram-se novamente mais frias em muitas regiões, de que é exemplo próximo a Galiza, onde ocorreu uma descida de temperatura e aumento da pluviosidade. No entanto, no início dos tempos medievais parece ter havido retorno a uma situação mais favorável do ponto de vista climático, particularmente na América do Norte e na Europa. Um dos episódios mais evidentes e de dimensão planetária foi o chamado Pequeno Óptimo Climático ou Época Quente Medieval, ocorrido entre cerca de 1 200 e 600 BP (sécs. VIII a XIV DC). Nesta altura foi possível a navegação entre a Noruega, a Islândia e a Gronelândia e a colonização desta última pelos povos nórdicos até ao século XIII; este período foi também caracterizado em toda a Europa por colheitas abundantes, regularidade sazonal e temperaturas amenas. Um outro episódio importante, mais recente e caracterizado por arrefecimento de escala regional, é designado por Pequena Idade do Gelo e prolonga-se desde meados do século XV até finais do séc. XIX, com impactos devastadores na agricultura e na economia europeias. A transição para a Pequena Idade do Gelo, rápida

à escala humana, acarretou uma das maiores fomes de que há memória e foi acompanhada por assolador surto de peste negra, desencadeadas pela ruptura da economia e produtividade agrícolas. A mesma perturbação conduziu à impossibilidade de navegação regular entre a metrópole e as recém descobertas terras norte-americanas, devido à deterioração climática, levando à morte da totalidade dos colonos da Gronelândia, cuja memória até recentemente se considerava ser não mais que uma lenda.

Os registos globais mostram uma clara tendência de aquecimento desde o início do século XX (mais significativa após o início da Revolução Industrial) como consequência das emissões antropogénicas de gases com efeito de estufa e, principalmente, dos que resultam da queima dos combustíveis fósseis. O relatório do IPCC (2001) indicava uma taxa de subida da temperatura média global de 0.15°C/década entre 1910 e 1945, seguida por uma tendência negativa entre 1946 e 1975, para retomar um padrão semelhante ao primeiro entre 1976 e 2000. De acordo com Santos *et al.* (2002) e Santos & Miranda (2006), a temperatura média do ar em Portugal Continental e Regiões Autónomas segue este comportamento entre 1930 e 2000, e desde a década de 1970 a taxa de subida aumentou para cerca de 0.5°C/década, mais do dobro do valor médio global. Já no que se refere à precipitação, não foram encontradas para o nosso país tendências significativas quanto a variações do valor médio anual (SIAM, 2006). No entanto, parece depreender-se uma redução de precipitação na Primavera (principalmente à custa do mês de Março), acompanhada por aumentos muito ligeiros nas outras estações.

A utilização de Modelos de Circulação Global (que simulam o sistema climático terrestre) tem permitido a produção de cenários de mudança climática para o séc. XXI. O último relatório do IPCC (2007) aponta para um aumento da temperatura média mundial entre 1.4 e 5.8°C até 2100 (no relatório anterior – IPCC 2001 - era apontada uma subida de 0.5 – 4°C). Na Europa, o aumento projectado é um pouco maior, de 2.0 a 6.3°C no mesmo horizonte temporal (SIAM, 2006). Em Portugal Continental, espera-se um aumento da temperatura máxima no Verão entre 3°C na zona costeira e 7°C no interior; nas Regiões Insulares este mesmo parâmetro deve subir 2 a 3°C na Madeira e 1 a 2°C nos Açores (Santos & Miranda, 2006). No que respeita à precipitação, embora a incerteza seja maior, os modelos apontam quase todos para uma redução da precipitação em Portugal Continental da ordem dos 20 a 40% em todas as estações do ano, com excepção do Inverno, e com maior magnitude no sul. Na Madeira, a situação é muito diferente, com reduções projectadas da precipitação total entre 20 e 30%, mas com distribuição sazonal contrastada: as maiores reduções correspondem ao Inverno e as menores à Primavera e Outono, esperando-se ainda incremento da chuva no Verão. Nos Açores, esperam-se variações relativamente pequenas na precipitação anual, embora os modelos sugiram aumento da precipitação no Inverno e redução nas outras estações (Santos & Miranda, 2006).

A uma escala espacial menor, são raros os estudos efectuados no nosso país sobre alterações climáticas, e apenas temos conhecimento da investigação sobre esta temática e sobre os impactes sectoriais associados efectuada no Concelho de Sintra (PECSAC, 2009). Para esta região, foi projectado um aumento da temperatura média anual de 1.7 a 3.3°C até meados do séc. XXI (com maior magnitude no Verão) e no final daquele século aqueles valores sobem para 3.4 a 6.5°C. No Inverno, poder-se-ão atingir 3°C acima dos valores actuais e no Verão

cerca de 10°C. A temperatura da água do mar continuará a aumentar, projectando-se +2 a 3°C no final do séc. XXI. No que respeita à precipitação, embora continue a chover bastante, as reduções serão significativas, principalmente em Abril-Maio e de Outubro a Dezembro. A intensidade do vento não deverá sofrer grandes modificações.

### **3. Consequências das alterações climáticas**

No que diz respeito ao litoral, as consequências mais relevantes das alterações climáticas são a elevação do nível médio do mar – NMM, a variação da taxa de elevação do nível médio do mar e a modificação do regime de ondulação e temporais. No passado geológico recente, não é fácil caracterizar o regime de ondulação e de temporais mas existe muita informação sobre a variação do NMM em consequência das alterações climáticas.

Se bem que não seja possível avançar uma cota mínima para o nível médio do mar com validade universal, certo é que, por alturas do UMG, este se encontraria pelo menos 120 m abaixo do actual. Tal significa que a generalidade dos fundos que hoje constituem a plataforma continental portuguesa se encontrava emersa e era atravessada por sistemas fluviais. Os vales que constituem hoje as fozes dos rios, constituíam, naquela altura, troços juvenis. A maior duração da estação chuvosa, aliada a um nível de base baixo, provocava erosão forte, sendo grande a carga sólida transportada pelos cursos de água e descarregada no litoral. Com o início da fusão dos gelos das calotes glaciárias, grandes quantidades de água líquida foram introduzidas nos oceanos e na plataforma continental portuguesa, e o nível relativo do mar ter-se-ia elevado até à cota -100m, mantendo-se aproximadamente estacionário durante um intervalo de tempo relativamente longo.

O interestádio Böling-Alerød associou-se a uma variação positiva muito rápida do nível médio (excedendo repetidas vezes o ritmo de elevação actual em uma ordem de grandeza), que atingiu -40m. Os estuários tornam-se depocentros de primeira importância, capturando grande quantidade dos sedimentos transportados pelas redes de drenagem continental e pela deriva litoral; há, pois, intenso assoreamento das depressões de maré recém-formadas. Esta tendência inverteu-se ou, pelo menos, anulou-se temporariamente, durante o Dryas Recente (11 000-10 000 BP), o segundo período frio anteriormente referido. O nível do mar desceu cerca de 20m, de -40m para -60m, onde se manteve durante cerca de 1 000 anos. Os depósitos acumulados nos sistemas estuarinos na fase anterior são remobilizados, erodidos e ejectados para a plataforma, no todo ou em parte.

O episódio de subida do nível médio do mar mais recente acompanhou o aquecimento generalizado do Holocénico e é habitualmente conhecido como transgressão holocénica. A transgressão holocénica associa-se a eustatismo positivo e prolonga-se até aos nossos dias, evidenciando, no entanto, taxas de elevação do nível do mar variáveis no tempo: o ritmo de subida foi substancialmente mais elevado (10 mm/ano) na primeira metade do Holocénico (até 6000-5000 BP) e experimentou posteriormente uma clara desaceleração (0.5 mm/ano se considerarmos os últimos 6000 anos e 0.1-0.2 mm/ano se atendermos aos últimos 3000 anos). Esta diferença teve consequências decisivas na evolução do litoral (e, consequentemente, no registo geológico contemporâneo), que respondeu essencialmente ao factor forçador eustático, de natureza global, na primeira fase, mas depois foi controlado principalmente por

condicionantes de natureza local ou regional - de que a isostasia, a subsidência, a alimentação sedimentar e a intervenção antrópica são exemplos. Assim, na primeira metade do Holocénico o litoral era muito mais recortado que no presente, com todas as reentrâncias e zonas baixas inundadas, muitas delas com características de rias ou baías abertas, penetrando o mar em certas zonas até bem para o interior. Na segunda metade do Holocénico, o litoral tende a linearizar, à custa da erosão de saliências e preenchimento sedimentar de reentrâncias; o desenvolvimento de barreiras detriticas conduziu ao estabelecimento de lagunas ou estuários que foram progressivamente reduzindo o seu espaço de acomodação à custa de sedimentação essencialmente fluvial (assoreamento por material de origem continental) mas também marinha (assoreamento das embocaduras).

A análise dos registos maregráficos de Cascais e Lagos (Dias & Taborda, 1992), que se contam entre as mais longas séries de observação europeias (118 e 92 anos, respectivamente), mostram que vivemos hoje em dia em regime transgressivo, caracterizado por uma tendência persistente de elevação do nível médio do mar que parece reflectir essencialmente expansão térmica do oceano. Os dados indicam que a taxa de variação média do nível do mar foi, no nosso país, de cerca de 1.5mm/ano até aos anos 90 do séc. XX; esta variação reproduz a magnitude da elevação média global do oceano (Antunes & Taborda, 2008) e sucede a cerca de 2 a 3000 anos em que o ritmo daquela elevação na costa portuguesa foi de uma ordem de grandeza inferior. PECSAC (2009) indica uma taxa de subida do nível médio do mar de  $2.2 \pm 0.1$  mm/ano em 1990-1999 e de  $2.9 \pm 0.4$  mm/ano para o intervalo 2000-2008.

Apesar de existir consenso entre os cientistas que o nível do mar continuará a subir e que a taxa de elevação do nível médio do mar acelerará provavelmente a partir de 2040, as opiniões dividem-se no que respeita aos ritmos dessa evolução e respectiva magnitude; tal resulta da complexidade dos fenómenos envolvidos, da incerteza resultante da evolução da componente antropogénica do forçamento e da curta dimensão espaço/temporal das séries objectivas de dados climáticos disponíveis (PECSAC, 2009). Alguns autores projectam no horizonte de 2100 cenários de elevação mais dramáticos: superiores a 1m (Parry, 2000; Church *et al.*, 2008), de 0.5 a 1.4m (Rahmstorf, 2007) ou 0.8-2.0m (Pfeffer *et al.*, 2008), enquanto outros avançaram estimativas mais optimistas, da ordem de 0.2m (e.g. Mörner, 2001). As mais recentes previsões do IPCC (IPCC, 2007) apontam para um aumento acumulado máximo (no cenário mais desfavorável) do nível médio global dos oceanos de 0.59m (era de 0.88m em IPCC, 2001), relativamente à sua posição em 1990. O estudo da série maregráfica de Cascais indica uma aceleração do ritmo de elevação do nível do mar de  $0.038 \pm 0.0023$  mm/ano nas últimas duas décadas. Assumindo que tal se manterá invariante nos próximos 80 anos, é possível projectar no horizonte temporal de 2100 estimativas no intervalo 0.25-0.93m (relativas ao ano 2000), centradas em 0.86m (PECSAC, 2009).

No que respeita à modificação do regime de ondulação, o estudo efectuado para o nosso país aponta para que no horizonte temporal do final deste século a altura média anual das ondas permaneça invariante, embora possa modificar-se a nível sazonal (Santos e Miranda, 2006). Pode existir tendência para agravamento da intensidade dos temporais, com especial incidência no Verão e Inverno. A projecção efectuada aponta ainda para uma rotação em sentido horário do clima de agitação marítima, que pode chegar a 7° (Andrade *et al.*, 2007).

#### 4. Impactos na linha de costa

Que impactos tem no litoral a elevação do nível médio do mar? Entre outros, podem-se citar a salinização dos aquíferos costeiros, o aumento da frequência e intensidade das inundações e dos danos provocados pelas tempestades, a evolução de zonas húmidas, o assoreamento de lagunas e de estuários e a erosão de praias e arribas.

O impacto mais imediato da elevação persistente do nível médio do mar é a inundação de planícies ribeirinhas onde, em virtude do declive topográfico reduzido, uma pequena modificação da cota absoluta do nível do mar pode produzir a invasão de extensões apreciáveis de zonas baixas, húmidas ou de território emerso. Grande parte do litoral português é ocupado por arribas ou por costa mais ou menos alcantilada, pelo que este processo não adquire entre nós importância comparável à que tem na costa leste dos E.U.A. e do continente Sul-Americano ou em algumas planícies deltaicas da Ásia. A título de exemplo, estima-se que a elevação de apenas 1m do nível médio do mar implicaria a submersão de cerca de 40 000 Km<sup>2</sup> da superfície dos E.U.A. (metade da área de Portugal continental). O mesmo cenário aplicado ao delta do Nilo (onde se concentra a maioria da população e produção agrícola do Egipto) e ao Bangladesh (onde os deltas do Ganges-Brahmaputra-Meghna representam 80% do território nacional cultivável e onde vivem da agricultura mais de 93 milhões de pessoas) acarretará consequências dramáticas. No primeiro caso, mais de 16% da população (8 milhões de pessoas) e, no segundo, mais de 10% (9 milhões) seriam afectadas (e desalojadas) directamente pela inundação, estimando-se prejuízos económicos imediatos e directos na ordem dos milhares de milhões de euros. Apesar de o dispositivo geomorfológico do litoral continental português contribuir para mitigar os efeitos da inundação directa resultante de elevação do nível médio do mar, estudos recentes indicam que em cerca de 2/3 da sua extensão existe risco de perda de terreno, por erosão ou inundação (Santos *et al.*, 2002 e Santos & Miranda, 2006). Convém não esquecer que as zonas húmidas portuguesas, associadas maioritariamente a espaços lagunares ou estuarinos, são locais de importância ecológica e económica notáveis enquanto áreas de refúgio, de nidificação e internada de aves, e berçário de espécies aquáticas, parte das quais integram os efectivos de pesca. Estas regiões, preferencialmente ocupadas por rastos de maré e sapais, salgados ou salobros, têm uma produtividade biológica que iguala ou excede a de qualquer outro sistema natural terrestre, incluindo a de terrenos optimizados para produção agrícola. Funcionam também como “filtros” naturais e muito eficientes, removendo poluentes da água, nomeadamente metais pesados, elementos radiogénicos, azoto e fósforo, imobilizando-os no seio da coluna sedimentar em agração vertical. Em contexto geomorfológico favorável, a elevação lenta do nível médio do mar pode manter ou mesmo conduzir à expansão da superfície ocupada pelas zonas húmidas, devido à sedimentação acelerada, captura de matéria orgânica e modificação da amplitude de marés – de facto, o registo geológico de muitas zonas húmidas formadas nos últimos 4000 anos, caracterizados por variações do nível médio substancialmente inferiores a 1mm/ano, sugere que grande parte destas manchas se limitou a sofrer translação para terra ou aumentou mesmo a sua superfície. Porém, as taxas de sedimentação podem ser inferiores à taxa esperada de elevação do nível médio do mar no futuro próximo. Daqui decorre que parte apreciável das zonas húmidas poderá ser inundada, enquanto outras poderão eventualmente migrar para o interior das terras



baixas adjacentes, na ausência de barreiras físicas impermeáveis, naturais ou artificiais. No entanto, em lagunas e estuários, a subida do nível do mar pode levar ao seu assoreamento. Efectivamente, a capacidade de incisão de um vale fluvial ou de uma rede hidrográfica é função do seu nível de base (na generalidade dos casos coincidente como nível médio do mar), abaixo do qual os rios perdem capacidade erosiva. Ora, em regime transgressivo, o nível de base é constantemente elevado e a porção terminal do vale fluvial é inundada, para formar um estuário/laguna. Os sistemas fluviais constituem não apenas os melhores dispositivos hidráulicos de evacuação da água da superfície dos continentes mas são igualmente veículos de transporte sedimentar. Esses sedimentos, elaborados no continente, que originalmente eram descarregados no oceano, serão depositados assim que o perfil longitudinal encontrar o seu nível de base, que já invadiu o vale. Deste modo, as regiões terminais dos cursos de água entulham-se com sedimentos e os locais de deposição preferencial migram para regiões cada vez mais interiores do estuário ou dos afluentes lagunares, à medida que o nível de base se eleva em sintonia com o nível do mar. Por esta razão a generalidade dos estuários portugueses dispõe de amplas planícies aluviais, lezírias e campos de sapal nas suas regiões terminais, sendo vulgarmente observável o assoreamento intenso de secções mais interiores dos vales. O estuário do Tejo contém mesmo um verdadeiro delta formado pelos mouchões da região montante do “mar da Palha”, onde se deposita a esmagadora maioria da carga sólida veiculada pelo canal fluvial quando desemboca nesse imenso espelho de água (Andrade & Freitas, 2001).

Os processos de erosão, de mobilização e de transporte sedimentar que acompanham a rebentação das ondas são característicos do bordo interior da faixa litoral. A variação do nível médio do mar é, sem dúvida, um dos factores capazes de forçar erosão costeira mas não é causa única e, em muitos casos, nem sequer a mais importante. As modificações do balanço sedimentar do litoral, naturais ou de natureza antropogénica, são, na generalidade dos casos (incluindo Portugal), a causa predominante; o número de variáveis que interferem no processo erosivo é tão grande e a própria natureza do processo tão complexa que se torna muito difícil separar e quantificar a fracção imputável exclusivamente à elevação do nível médio do oceano. Em regime transgressivo, a posição relativa da faixa costeira está em permanente mudança visto que é constantemente empurrada para o interior dos continentes à medida que o volume dos oceanos aumenta. Se a elevação do nível do mar for relativamente rápida, o bordo terrestre reagirá, desencadeando ou incrementando um processo erosivo, capaz de fornecer aos fundos adjacentes o enchimento sedimentar necessário para restabelecer a forma e dimensões anteriores da cunha litoral. Se a tendência transgressiva persistir, nunca se recupera completamente a situação de equilíbrio procurada pela Natureza e a erosão torna-se crónica. As consequências associadas à subida do nível médio do mar em litorais arenosos têm sido quantificadas através de um modelo onde se admite que a distribuição de profundidades ao longo do perfil de equilíbrio da cunha litoral permanece invariante após a subida do nível médio do mar. Neste modelo, o recuo é aproximadamente duas ordens de magnitude superior à subida do nível do mar, ou seja, a uma subida de 1m corresponderá um recuo de ordem hectométrica. Este processo, absolutamente natural, coloca um problema à generalidade dos países cuja faixa costeira foi de modo pouco providente ocupada por edifícios, estradas, indústrias e outras estruturas que se pretendem duráveis. A migração

da costa é, pois, habitualmente encarada como um fenómeno inaceitável e tem obrigado à construção de obras de defesa rígidas e pesadas. Os estudos disponíveis no litoral português sugerem que a elevação recente do nível médio do mar pode ser responsável por 10 a 20% da erosão observada nos últimos 25 – 50 anos em troços litorais baixos e que oferecem resposta rápida à variação do nível de base, de que são exemplo os troços Espinho - Cabo Mondego e o litoral do Algarve central - oriental. Trata-se de estimativas máximas e julga-se que a erosão que aflige a generalidade do nosso litoral se deve a outras causas, nomeadamente à falta de sedimentos. Porém, se o processo erosivo se encontra já definitivamente instalado, a resposta do litoral a uma elevação rápida do nível médio será certamente no sentido do agravamento da sua intensidade (Andrade & Freitas, 2001).

Nas zonas costeiras, a água subterrânea proveniente do continente e que integra um aquífero costeiro descarrega no oceano, frequentemente nas vizinhanças da faixa intertidal, dando nestes casos origem a nascentes (os “olheiros” dos Olhos de Água, no Algarve, por exemplo). A permeabilidade que caracteriza o maciço rochoso costeiro permite também a penetração da água oceânica, pelo que se estabelece nestes aquíferos uma interface água doce/ água salgada cuja localização depende do potencial referido ao nível médio do mar. A água doce, menos densa, acumula-se sob a forma de uma lente, que flutua sobre a cunha de água salgada, mais densa. Em regime transgressivo, a elevação do nível de base empurra aquela interface para o interior do aquífero, pelo que se reduz o caudal efluente no oceano e se favorece a penetração da cunha de água salgada, contaminando as captações costeiras. Os níveis de cloro podem, por esta razão, aumentar de concentrações normais (cerca de 25mg/l) para valores próximos de 19000mg/l (concentração típica na água do mar); note-se que o limite máximo recomendado na Europa para água de consumo é de 200mg/l. Em Portugal, os problemas actuais de salinização de aquíferos costeiros (principalmente no Algarve, Madeira e Porto Santo) devem-se essencialmente a sobreexploração de água subterrânea, que conduz ao mesmo efeito. A aceleração da taxa de elevação do nível médio do mar agravará necessariamente os problemas já existentes e muito provavelmente conduzirá à expansão destes efeitos a aquíferos costeiros presentemente não contaminados (Andrade & Freitas, 2001). Uma vez instalada, a intrusão salina não é fácil de controlar e a sua correcção é morosa e sempre muito dispendiosa.

O conhecimento e discussão da evolução das condicionantes climáticas neste século e das suas consequências no que respeita à subida do nível médio do mar devem transcender os limites da comunidade científica e generalizar-se a todos os sectores da sociedade. De facto, os índices de ocupação da zona costeira, quer mundial quer portuguesa, não cessam de crescer, avolumando as pressões sobre uma faixa estreita e extremamente vulnerável. Os valores intrínsecos ao litoral obrigam-nos a contribuir através de todos os meios ao nosso alcance para a sua gestão sustentada, de forma a podermos legar às gerações vindouras um património melhor compreendido e mais saudável.

## 5. Referências bibliográficas

Andrade, C. & Freitas, C. (2001). E se a estufa em que vivemos fôr inundada? A subida do nível do mar: algumas causas e consequências. *Cadernos Didácticos de Ciências*,

- Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário*, 2, 39 - 57.
- Andrade, C., Pires, H. O., Taborda, R. & Freitas, M. C. (2007). Projecting future changes in wave climate and coastal response in Portugal by the end of the 21st century. *Journal of Coastal Research*, SI 50, 253-257.
- Antunes, C. & Taborda, R. (2008). Sea level at Cascais tide gauge: data, analysis and results. *Book of Abstracts, 10<sup>th</sup> International Coastal Symposium ICS 2009*, 51.
- Church, J. A.; White, N.; Hunter, J. & Lambeck, K. (2008). Briefing: A post-IPCC AR4 update on sea level rise. *Antarctic Climate & Ecosystems. Cooperative Research Centre*. (disponível em [www.cmar.csiro.au/sealevel](http://www.cmar.csiro.au/sealevel)).
- Dias, J. & Taborda, R. (1992). Tidal gauge data in deducing secular trends of relative sea level and crustal movements in Portugal. *Journal of Coastal Research*, 8 (3), 655-659.
- IPCC (2001). *Climate Change 2001. The Scientific basis*. Cont. of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC. UNEP, WMO, Cambridge University Press.
- IPCC (2007). *Intergovernmental Panel on Climate Change - Fourth Assessment Report – WG1 Contribution – Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press.
- Parry, M. (2000). *Assessment of Potential Effects and Adaptations for Climate Change in Europe: The Europe ACACIA Project*. Jackson Environment Institute, University of East Anglia, Norwich, UK.
- Mörner, N. (2001). Recorded Sea Level Variability in the Holocene and Expected Future Changes. In D. Eisma (Ed.). *Climate Change. Impact on Coastal Habitation* (pp. 17-28). Boca Raton, Florida: Lewis Publishers.
- PECSAC (2009). *Alterações Climáticas - Sintra. Plano Estratégico do Concelho de Sintra face às Alterações Climáticas*. Relatório Executivo e Integrador. F.D. Santos e R. Aguiar (Editores). Câmara Municipal de Sintra, Sintra, Portugal.
- Pfeffer, W.T.; Harper, J.T. e O' Neel, S. (2008). Kinematic constraints on glacier contributions to 21st century sea-level rise. *Science*, 321, 1340-1343.
- Rahmstorf, S. (2007). A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise. *Science*, 315, 368-370.
- Santos, F.D., Forbes, K. & Moita, R. (Eds.). (2002). *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures - SIAM Project*. Lisbon: Gradiva.
- Santos, F.D. & Miranda, P. (Eds.). (2006). *Alterações climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação - Projecto SIAM II*. Lisboa: Gradiva.



---

## AULAS DE CAMPO



# PATRIMÓNIO GEOLÓGICO NO PARQUE NATURAL DE SINTRA-CASCAIS

Lia Morais Mergulhão

Parque Natural Sintra-Cascais

(liasico@gmail.com)

## Resumo

O Parque Natural Sintra-Cascais apresenta um conjunto de valores naturais que importa conhecer e preservar. Ao longo da saída serão realizadas várias paragens, algumas a locais fora da área do parque, nas quais serão postos em destaque aspectos geológicos mas igualmente outros de natureza biológica, tendo em vista uma abordagem integrada da paisagem.

## 1. Contextualização da visita

O **Parque Natural de Sintra-Cascais (PNSC)**, integrado actualmente no Departamento de Gestão das Áreas Classificadas Lisboa Litoral Oeste (DGAC LLO), foi criado pelo Dec. -Lei 8/94, de 11 de Março, reconhecendo-se a existência, no território até então considerado Paisagem Protegida, de valores naturais de incontestável interesse e que urgia defender, tendo como o primeiro dos seus objectivos específicos: “A gestão racional dos recursos naturais e paisagísticos, **geológicos**, **geomorfológicos**, florísticos e faunísticos”. O PNSC integra a Rede Nacional de Áreas Protegidas (RNAP).

O seu Plano de Ordenamento (PO), publicado pelo Dec. -Regulamentar 9/94 de 11 de Março, e cuja revisão foi aprovada pela Resolução de Conselho de Ministros 1-A/2004, testemunha a consciência sobre a importância da **geodiversidade**, e da necessidade de preservação do **Património Geológico**, no PNSC.

A proximidade desta Área Protegida (AP) a grandes centros urbanos e pólos de elevado interesse turístico faz com que seja muito procurada para a realização de visitas escolares, actividades enquadráveis no turismo cultural, ou actividades de turismo de natureza. É no âmbito escolar, e tendo como base alguns dos locais mais solicitados para visita pelos professores nesta AP, que se organizou o programa que se apresenta, e onde teremos oportunidade de conversar fundamentalmente sobre a geologia, mas também integrando os aspectos da fauna e da flora observáveis.

Começaremos, assim, na “Boca do Inferno” (Fig. 1), uma grande caverna resultante da dissolução das águas das chuvas e da força erosiva das ondas cujo tecto abateu, e de onde também é possível observar um dos casos de lapias litorais do nosso país (Fig. 2) que apresentam aspectos bem desenvolvidos da erosão cárstica. Segue-se o Sistema Dunar Guincho-Oitavos (Fig. 3), onde os ventos predominantes de NW transportam a areia em direcção ao interior, constituindo um interessante campo de dunas, algumas parcialmente fixadas pela vegetação. Ao longo da arriba litoral entre a Praia do Guincho e a Praia do Abano (Fig. 4), num percurso relativamente fácil, será possível conversar-se sobre ambientes geológicos e a acção da intrusão do Maciço sobre os terrenos Jurássicos e Cretácicos. A Propriedade da Peninha (Fig. 5) permite uma fantástica vista sobre as áreas a Sul e Norte do PNSC, possibilitando ainda distinguir as várias paisagens que a evolução geológica permitiu construir. O Campo de Lapiás da Granja dos Serrões (Fig. 6), construído nos calcários do Cenomaniano superior, é, por si só, uma maravilhosa construção cárstica, cuja utilização remonta a tempos antigos. Terminaremos a nossa visita na Disjunção Prismática do Penedo do Lexim, pertencente ao Complexo Vulcânico de Lisboa, e cujo arrefecimento basáltico ocorreu a cerca de 2000m de profundidade condicionando a

forma prismática apresentada.



**Figura 1.** “Boca do Inferno”.



**Figura 2.** Lapiás litorais.



**Figura 3.** Sistema Dunar Guincho-Oitavos.



**Figura 4.** Arriba Litoral.



**Figura 5.** Propriedade da Peninha.



**Figura 6.** C.L.Granja dos Serrões.

O território do PNSC, o Campo de Lapiás da Granja dos Serrões, e a disjunção prismática do Penedo do Lexim, localizam-se na península de Lisboa (Estremadura Sul), integrada na **Orla Mesocenoica Ocidental** do Maciço Hespérico, sendo que as rochas mais antigas aqui estudadas, até à data, depositaram-se no Jurássico Superior, há 160 Ma.

Os grandes acontecimentos que marcam profundamente a história geológica dos terrenos observáveis nesta área são, assim, relativamente recentes quanto comparados com os que marcaram a geologia de muito do território português.

A serra de Sintra e a sua envolvência têm sido motivo de estudos, muitos deles no âmbito de teses de doutoramento. Desde Paul Choffat, Prof. Galopim de Carvalho, Prof. Miguel Ramalho, Prof. M.L.Ribeiro, Prof. Carla Kullberg e Prof. Carlos Kullberg a muitos outros, que dedicaram muito do seu tempo de estudo a este “oásis geológico”.

Os locais onde propomos a nossa visita estão representados nas cartas geológicas de Portugal - Folha 34-C Cascais e Folha 34-A Sintra -, dos Serviços Geológicos de Portugal, à escala de 1: 50 000. Em 1997, foi editada pelo Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade (ICNB) uma Carta Geológica Simplificada do Parque Natural de Sintra-Cascais da responsabilidade do Instituto Geológico e Mineiro (actual LNEG), que apresenta uma interpretação resumida e acessível ao público em geral da geologia do PNSC, bem como dos mais importantes locais de interesse geológico.

## 2. Referências bibliográficas

Ramalho, M. M., Pais, J., Rey, J., Berthou, P. Y., Alves, C. A. M., Palácios, T., Leal, N. & Kullberg, M. C. (1993). *Notícia explicativa da Carta Geológica 34-A, Sintra*. Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal.



- Ramalho, M. M., Rey, J., Zbyszewski, G., Alves, C. A. M., Costa, C. & Kullberg, M. C. (1981). *Notícia explicativa da Carta Geológica 34-C, Cascais*. Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal.
- Ribeiro, M.L. & Ramalho, M. M. (1997). *Notícia Explicativa da Carta Geológica Simplificada do Parque Natural de Sintra-Cascais*. Sintra: Instituto da Conservação da Natureza
- Galopim de Carvalho, A. M. (1994). Aspectos Gerais da Geologia da serra de Sintra. Sintra.
- Kullberg, M. C. (1992). Geologia do Concelho de Sintra. Sintra.

**Autoria das imagens:**

Manuela Marcelino

Lia Morais Mergulhão



# ASPECTOS GEOLÓGICOS E MORFOLÓGICOS DA SERRA DA ARRÁBIDA

M. L. Ramalho

Escola Secundária c/ 3C Manuel Cargaleiro, Amora, Seixal

(leonor.ramalho@gmail.com)

## Resumo

A Península de Setúbal, constituída por dois elementos morfo-estruturais - a cadeia da Arrábida e o Sinclinal de Albufeira, é uma região abundante em locais de interesse didáctico e científico. A Cadeia da Arrábida apresenta inúmeros locais de interesse patrimonial, científico e didáctico, o que levou à constituição do Parque Natural da Serra da Arrábida, em 1976. A saída de campo proposta pretende evidenciar algumas ocorrências geológicas com as quais se abordam temas que se inserem nos programas em Geociências do Ensino Secundário, indicando algumas estratégias que podem ser adoptadas no contexto de uma aula de campo.

## 1. Localização e Itinerário

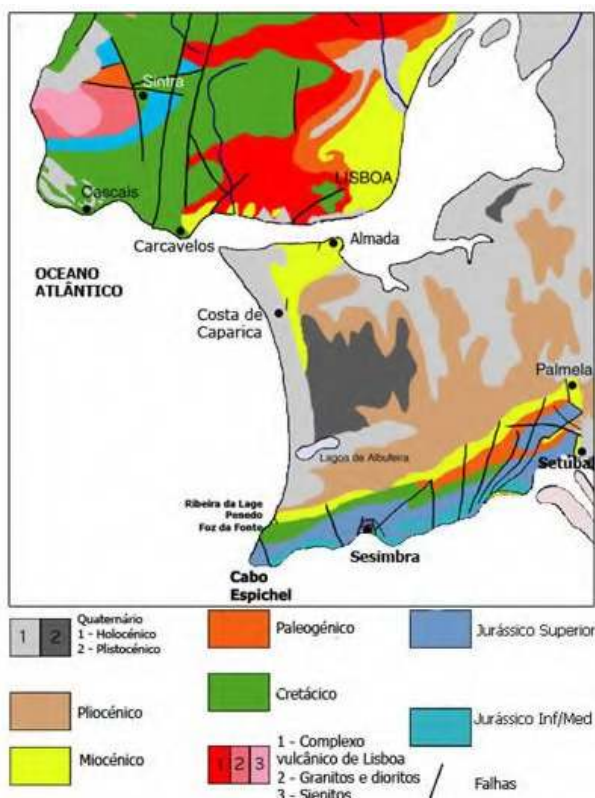
A Cadeia da Arrábida (vulgo Serra da Arrábida) localiza-se no extremo sul da Península de Setúbal, entre os estuários do Rio Tejo, a Norte e Nordeste, e do Sado a Sul e encontra-se limitada a Oeste e Sudoeste pelo Oceano Atlântico. Esta cadeia inclui um conjunto de serras alinhadas, segundo uma direcção WSW, com cerca de 35 Km de comprimento por 6 Km de largura média. Os relevos mais significativos constituem as serras de S. Luís, do Louro e do Formosinho (ponto mais alto com 501 m). Estes relevos prolongam-se para Oeste, no oceano, por um alinhamento de dimensão e orientação comparável, o Planalto Afonso de Albuquerque, inserido entre os canhões de Cascais e de Setúbal (*in* Pimentel, 2006). Os afloramentos observáveis no percurso proposto revelam diversos aspectos geológicos de interesse didáctico e científico (fig. 1).



Figura 1. Mapa geral da Península de Setúbal. Localização das paragens.

## 2. Enquadramento geológico regional

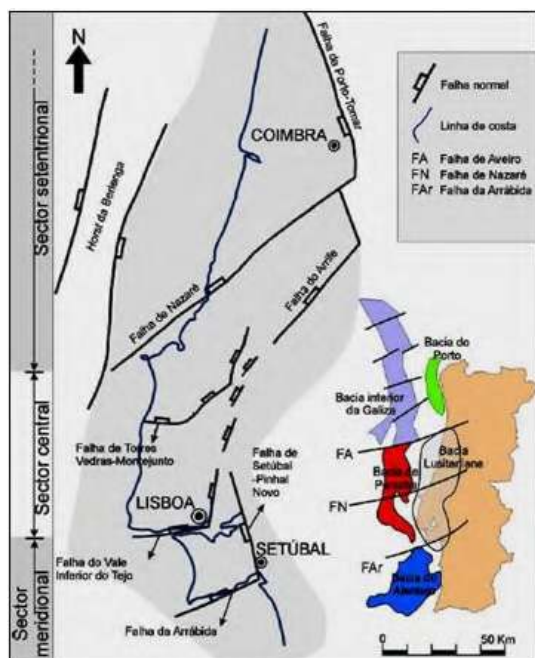
A cadeia da Arrábida é um dos dois elementos morfo-estruturais que podem ser observados na Península de Setúbal. As formações geológicas aflorantes nesta cadeia, assim como em toda a Península, estão compreendidas entre o Mesozóico e o Cenozóico (fig. 2).



**Figura 2.** Mapa com as principais idades das unidades observadas na Península de Setúbal (PAIS *et al.*, 2000 in RAMALHO, 2007).

As rochas mesozóicas incluem-se na unidade tectono-estratigráfica designada por Bacia Lusitaniana. Estas formações depositaram-se sobre o soco varisco do Maciço Hespérico, quando ocorreu um primeiro impulso tectónico de abertura do Atlântico Norte. O estiramento crustal, associado à fragmentação da Pangea, desenvolveu uma bacia sedimentar na margem ocidental ibérica que possibilitou a deposição de numerosas formações litológicas entre o Triásico e o Cretácico Inferior/Superior (Kullberg, 2000 e Kullberg *et al.*, 2006).

A Península de Setúbal constitui o sector Sul da Bacia Lusitaniana. O número de episódios de *rifting* ainda não é consensual, variando de 2 (*e.g.* Wilson *et al.*, 1989) a 4 episódios (*e.g.* Kullberg, 2000 e Kullberg, *et al.*, 2006) (fig. 3).



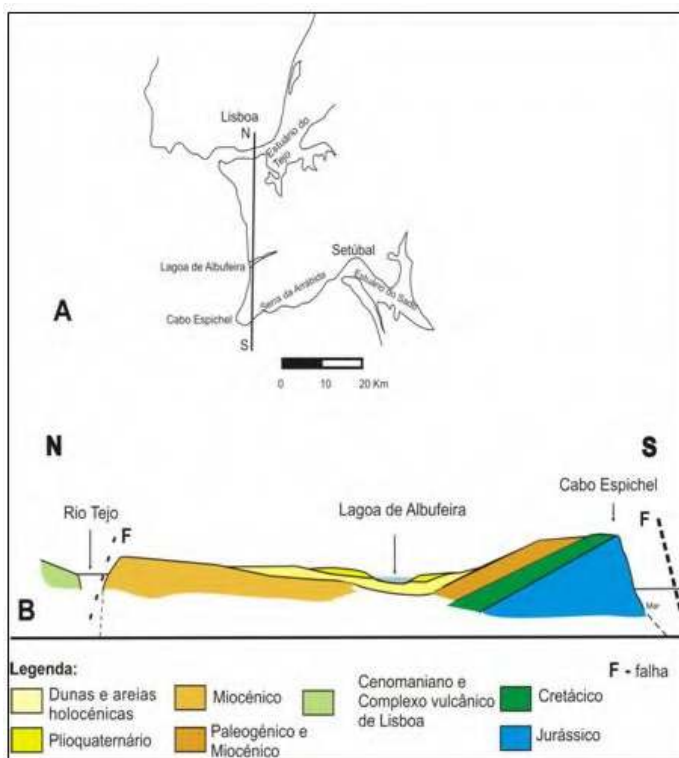
**Figura 3.** Enquadramento geográfico e tectónico da Bacia Lusitaniana e de outras bacias da Margem Ocidental Ibérica. Definição dos sectores da Bacia Lusitaniana (adaptado de Kullberg *et al.*, 2006 in Prego, 2008).

A Bacia Lusitaniana, até ao Aptiano, foi preenchida por megassequências carbonatadas, margosas e detríticas. As rochas mais antigas aflorantes na região pertencem à Formação de Margas de Dagorda e datam do Triásico Superior – Jurássico Inferior, constituindo depósitos pelítico-carbonatado-evaporíticos. A estas rochas seguiram-se litologias mais carbonatadas, como consequência da subsidência da bacia. No Caloviano-Oxfordiano ocorreu uma lacuna estratigráfica de cerca de 3 M.a. evidenciada por superfície erosiva com crostas ferruginosas, colmatada por conglomerados.

No Oxfordiano Superior a Kimeridgiano depositaram-se calcários e grés intercalados e dolomit. Nesta idade ocorreu um episódio de *rifting* e subsidência. No Jurássico Superior surgiu nova influência continental, manifestada por rochas detríticas que correspondem às unidades de Vale da Rasca e da Comenda, resultantes do acarreo proveniente do dismantelamento de um bordo activo da bacia. No Cretácico Inferior, ocorre o episódio diapírico de Sesimbra, no qual as margas de Dagorda foram projectadas para andares superiores na sequência estratigráfica normal (Kullberg, 2000 e Kullberg *et al.*, 2006). O movimento distensivo da Bacia terminou no Aptiano Superior (Kullberg *et al.*, 2006).

Os depósitos cretácicos realçam uma sequência paleoambiental que flutua entre o ambiente fluvial, lagunar e marinho de plataforma aberta. Nas arribas litorais entre o Cabo Espichel e a Praia de Foz da Fonte estes depósitos formam grandes sequências que apresentam uma continuidade estratigráfica com o Jurássico Superior, observada na Enseada de Lagosteiros, a N do Cabo Espichel, e encontram-se em ligeira discordância angular com os depósitos do Paleogénico, observada na Praia de Foz da Fonte. Os depósitos do Cenozóico são, predominantemente, de natureza terrígena e clástica, podendo apresentar algumas intercalações calcárias (Manuppella *et al.*, 1999).

O Sinclinal de Albufeira, outro elemento morfo-estrutural da região, com eixo E-W, prolonga-se desde o rio Tejo, a Norte, até à cadeia da Arrábida, a Sul (fig. 4).



**Figura 4.** Corte longitudinal do Sinclinal de Albufeira (B) identificado no esboço do mapa em (A). (adaptado de Cruces *et al.*, 2002 in Ramalho, 2007).

É limitado a W pelas arribas da região costeira entre Trafaria e Cabo Espichel e apresenta uma pequena bacia subsidente que foi sendo preenchida por depósitos cenozóicos, predominantemente detríticos, com elementos clásticos provenientes de rochas graníticas, xistos e quartzitos, trazidos pelo Tejo para o interior da bacia (Pais *et al.*, 2000). A sedimentação que decorreu durante o Paleogénico desenvolveu-se em ambiente continental.

No Neogénico / Quaternário, iniciou-se um progressivo afundamento da Península, permitindo a entrada do mar, formando um golfo (Pais *et al.*, 2000).

Devido à colisão entre as placas litosféricas euroasiática e africana, na fase Bética da orogenia Alpina, a Cadeia da Arrábida iniciou a sua formação, há cerca de 18 M.a. (*in* Pimentel, 2006).

A compressão resultante do choque entre as placas litosféricas provocou um descolamento, provavelmente no nível estratigráfico das Margas da Dagorda, que facilitou o movimento e deformação das camadas suprajacentes e, consequentemente, a formação da Cadeia da Arrábida. (Kullberg, 2000 & Kullberg *et al.*, 2006).

### 3. Enquadramento curricular

O itinerário proposto aborda conteúdos dos programas do 10º e 11º anos da disciplina de Biologia e Geologia:

Ano	Conteúdos gerais
10º ano	<p>Tema I – A Geologia, os Geólogos e os seus métodos</p> <p>3. A medida do tempo e a idade da Terra</p> <p>i.1. Princípios da Estratigrafia / Pensamento geológico</p> <p>i.2. Memória dos tempos geológicos</p> <p>4. A Terra, um planeta em mudança</p> <p>4.1 Princípios Básicos do raciocínio geológico</p> <p>4.2. O mobilismo geológico. As placas tectónicas e os seus movimentos</p>
11º ano	<p>Tema IV – Geologia, problemas e materiais do quotidiano</p> <p>1. Ocupação antrópica e problemas de ordenamento</p> <p>2. Processos e materiais geológicos importantes em ambientes terrestres</p> <p>2.1 Principais etapas de formação de rochas sedimentares. Rochas sedimentares. As rochas sedimentares, arquivos históricos da Terra.</p> <p>1.3 Deformação frágil e dúctil. Falhas e Dobras.</p>

### 4. Descrição das paragens

#### Paragem 1 – Topo da Serra do Formosinho – Miradouro a W de Arremula

##### Localização

- Estrada nacional EN 379-1 (estrada da Serra, km 13,500)
- Coordenadas geográficas – Latitude - 38°29'38.88"N; Longitude: 8°58'1.14"W; Cota: 350

##### Descrição

O miradouro encontra-se sobre os calcários de Pedreiras ( $J^2_{pe}$ ), do Jurássico Médio. Deste local pode observar-se a paisagem da parte norte e ocidental da Península de Setúbal. Identificam-se as serras de São Francisco, de São Luís e do Louro; os vales de Picheleiros, Barris e da Rasca. Esta morfologia relaciona-se com a inversão tectónica ocorrida no Miocénico, e o desgaste dos agentes erosivos sobre as rochas mesocenozóicas (fig. 5).



**Figura 5.** Interpretação da vista observada no miradouro a W de Arremula (Pimentel, 2006).

#### Aplicações/propostas didáticas

Trabalho anterior à aula de campo: conceitos teórico-práticos sobre cartas geológicas e topográficas;

No campo:

- identificar os principais relevos na carta topográfica;
- identificar, a partir da carta topográfica, e analisando as curvas de nível, a altitude das principais serras;
- identificar as principais litologias com base na análise da carta geológica;
- compreender os princípios estratigráficos, designadamente, sobreposição, horizontalidade original, continuidade lateral.

Segurança: sendo um ponto alto, apesar de se encontrar murado, é fácil para os alunos saltarem o muro. A proximidade de uma estrada estreita, na qual os carros podem adquirir velocidades elevadas, é também um factor a ter em conta.

#### Paragem 2 – Monte do Jaspe, Brecha da Arrábida

##### Localização

- Estrada nacional EN 379-1 (estrada para o Portinho da Arrábida, km 7)
- Coordenadas geográficas – Latitude: 38°27'28.36"N; Longitude: 9° 0'36.56"W; Cota: 240

##### Descrição

Nesta paragem realiza-se um pequeno percurso pedestre, por trilho fácil e densa vegetação autóctone. Chega-se a uma pequena pedreira, com duas frentes de desmonte, desactivadas, onde se observam os calcários brancos da Formação de Pedreiras ( $J^2_{pe}$ ) e uma brecha conglomerática calcária de suporte granular, pertencente à Formação das Margas, Argilas, Conglomerados e Calcários com Calhaus Negros da Arrábida ( $J^3_A$ ). A exploração desta rocha ornamental, designada vulgarmente por “Brecha da Arrábida”, foi extinta na década de setenta do século XX, aquando da criação do Parque Natural da Serra da Arrábida (Prego, 2008). Os Calcários de Pedreiras, do Batoniano Superior - Caloviano, formam os últimos estratos que se depositaram antes do hiato sedimentar que se seguiu, entre o Caloviano Superior e o Oxfordiano Inferior. No Oxfordiano Médio a Superior o relevo constituído pelos Calcários de Pedreiras foi colmatado pelos detritos que deram origem à Brecha da Arrábida, fossilizando assim a superfície cársica que os calcários apresentavam.

Na frente da pedreira a Este observa-se um *graben*, no centro do qual se encontra a Brecha da Arrábida (Pimentel, 2006) (fig. 5).





**Figura 5. (A)** Graben da pedreira do Jaspe. As falhas normais indicam os primeiros movimentos, distensivos. **(B)** Evidências de: possível sentido da corrente que transportou os detritos; paleocarso identificado à esquerda, entre os calcários e a brecha; carso actual.

#### Aplicações/propostas didácticas

Trabalho anterior à aula de campo – conceitos relacionados com os Princípios da Estratigrafia; falha, falha normal, força distensiva; morfologia cársica, rochas sedimentares detríticas e carbonatadas.

No campo:

- localizar a paragem na carta geológica.
- identificar as rochas;
- compreender os Princípios da Estratigrafia: inclusão, uniformitarismo e actualismo, intersecção;
- identificar uma descontinuidade.

Segurança – este local apresenta uma paisagem deslumbrante sobre o mar e a serra do Risco, no entanto a arriba de escombros que existe próximo da pedreira é extremamente perigosa e os alunos devem ser devidamente orientados para não se aproximarem dela.

#### Paragem 3 – Flanco inverso da dobra do Formosinho

##### Localização

- Estrada nacional EN 379-1 (estrada para o Portinho da Arrábida, Km 25,900)
- Coordenadas geográficas - Latitude: 38°28'52.21"N; Longitude: 8°58'54.95"W; Cota: 130

##### Descrição

O afloramento situa-se no flanco inverso do anticlinal do Formosinho e apresenta um contacto descontínuo entre os Calcários do Jurássico ( $J_{pe}^2$ ) e os Biocalcarenitos do Miocénico ( $M_{Az}$ ) (fig. 6).





**Figura 6.** Principais aspectos geológicos e estratigráficos do afloramento. A vista (D) corresponde ao lado esquerdo de (A).

Os calcários pertencem à mesma formação observada na Pedreira do Jaspe, encontrando-se aqui verticais e em discordância angular com os biocalcarentos do Burdigaliano, Miocénico. A superfície entre as duas formações é irregular, indicando um paleocarso. Nesta superfície observam-se múltiplas marcas de bioturbação resultante de organismos litófagos.

#### Aplicações/propostas didáticas

Trabalho anterior à aula de campo – conceitos relacionados com os princípios da Estratigrafia; fósseis, icnofósseis, bioturbação; continuidade vs. descontinuidade, discordância angular; características distintivas das rochas sedimentares; técnicas de utilização da bússola de geólogo.

No campo:

- localizar a paragem na carta geológica;
- identificar as rochas;
- realizar um corte geológico expedito;
- compreender os Princípios da Estratigrafia: sobreposição; continuidade lateral; identidade paleontológica;
- distinguir os seguintes conceitos: continuidade, descontinuidade, discordância angular, abarrancamento por paleocarso;
- medição da atitude das camadas (bússola de geólogo).

Segurança – este local corresponde à berma da estrada nacional, que apresenta muitas curvas. Os alunos devem vestir um colete reflector e evitar movimentos irreflectidos para atravessar a estrada.

#### Paragem 4 – Praia do Creiro / Anixa

##### Localização

- Estrada nacional EN 379-1 (estrada das praias, Praia do Creiro ou da Anixa)
- Coordenadas geográficas Latitude: 38°28'49.99"N; Longitude: 8°58'31.18"W; Cota: 0 m.

##### Descrição

Na arriba Este da praia observam-se vários estratos de diferentes naturezas litológicas: conglomerados, biocalcarenítos, arenitos grosseiros com cimento carbonatado e siltitos. Observa-se a discordância angular entre as unidades verticais ante-Burdigaliano [Jurássico Superior, Cretácico, Paleogénico e Miocénico (Aquitano)] e uma unidade sub-horizontal, Burdigaliano. (fig. 7).



**Figura 7.** Afloramento da praia do Creiro (Anixa).

##### Aplicações/propostas didáticas

Trabalho anterior à aula de campo – conceitos relacionados com os Princípios da Estratigrafia; construção de esquema geológico.

##### No campo:

- localizar a paragem na carta geológica;
- realizar corte geológico expedito;
- identificar o tipo de tensões a que os estratos ante-Burdigaliano estiveram sujeitos para que ficassem na posição vertical;
- datar, em termos comparativos, a idade dessas compressões, tendo em conta os estratos afectados;
- distinguir os seguintes conceitos: continuidade, descontinuidade, discordância angular.

Segurança – este local não apresenta grandes problemas a nível de segurança no campo. Apenas ter em atenção o mar e o apetite natural que estas águas calmas produzem nos alunos.

#### Paragem 5 – Cabo Espichel – Enseada de Lagosteiros

##### Localização

- Estrada nacional EN 379
- Coordenadas geográficas – Latitude: 38 38°25'22.70"N; Longitude: 9°12'29.51"W; Cota: 350 m

##### Descrição

O Cabo Espichel, ponto mais ocidental da Península de Setúbal, corresponde a uma superfície de aplanção no topo de litologias de idade jurássica, fortemente inclinadas, consequência das tensões alpinas (fig. 8).



**Figura 8.** Fotografia aérea da Enseada de Lagosteiros onde está identificado o limite entre Jurássico e Cretácico (adaptado de Ramalho, 2007).

A Norte do Santuário de Nossa S.<sup>a</sup> do Cabo, encontra-se a pequena Enseada dos Lagosteiros. Na vertente sul desta enseada observam-se uma série de estratos carbonatados da Formação de Calcários, Margas e grés de Espichel ( $J_{Es}^3$ ), datados do Titoniano, nos quais se observa m trilho longo de pegadas de um saurópode bípede (Antunes, 1976). Os estratos do Jurássico Superior contactam em continuidade, com os estratos do Cretácico Inferior. A evidência mais concreta dessa passagem Jurássico-Cretácico é a existência de um foraminífero (fig.9), *Anchispirocyclina lusitanica* (EGGER), observado nos últimos estratos do Jurássico Superior e nos estratos iniciais do Cretácico Inferior. Este fóssil desaparece quando os estratos cretácicos, pertencentes à Formação de Porto da Calada ( $C_{pC}^1$ ), se tornam mais detríticos.



**Figura 9.** *Anchispirocyclina lusitanica*.

Na encosta norte de Lagosteiros observam-se estratos cretácicos de pelitos, arenitos finos a médios, avermelhados e arroxeados, sem conteúdo fossilífero assinalável, da Formação de Porto da Calada. Segue-se a Formação de Vale de Lobos ( $C_{vG}^1$ ), que mantém níveis areníticos, mais ou menos grosseiros, intercalados com conglomerados, onde são visíveis estratos lenticulares mais argilosos e estratificação entrecruzada. No topo desta arriba observam-se alguns estratos com conteúdo fossilífero, designadamente, coraliários isolados e coloniais e ostreídeos.

#### Aplicações/propostas didáticas

Trabalho anterior à aula de campo – conceitos relacionados com os princípios da Estratigrafia; técnicas de utilização da bússola de geólogo;

No campo:

- localizar a paragem na carta geológica;
- identificar as rochas;
- identificar o foraminífero (*Anchispirocyclina lusitanica*);
- identificar os princípios estratigráficos – inclusão, da identidade paleontológica;
- identificar estruturas sedimentares;
- compreender que a continuidade sedimentar pode ser considerada mesmo que a idade dos sedimentos não seja igual;
- medir a atitude das camadas.

Segurança – Este local apresenta forte declive. A proximidade com a arriba deve ser evitada.

## 5. Referências bibliográficas

- Antunes, M. T. (1976). Dinossáurios eocretácicos de Lagosteiros. *Ciências da Terra*, 1, 1-35.
- Kullberg, J. C. (2000). *Evolução Tectónica Mesozóica da Bacia Lusitaniana*. Dissertação de doutoramento não publicada, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova, Monte da Caparica.
- Kullberg, J. C., Rocha, R. B., Soares, A. F., Rey, J., Terrinha, P., Callapez, P., Martins, L. (2006). A Bacia Lusitaniana: Estratigrafia, Pelogeografia e Tectónica. In R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha & J. C. Kullberg (Eds.). *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria*. (pp. 317-368). Évora: Universidade de Évora.
- Manuppella, G., ANTUNES, M., PAIS, J., RAMALHO, M. & REY, J. (1999). *Notícia Explicativa da Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000. Folha 38-B – Setúbal*. Lisboa: Instituto Geológico e Mineiro.
- Monteiro, A. (2007). *A Geologia no seu laboratório natural: a praia de Foz da Fonte como um recurso educativo para o Ensino Secundário*. Dissertação de mestrado não publicada, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova, Monte da Caparica.
- Pimentel, S. (2006). *Aplicação da Modelação Analógica e Gráfica ao Ensino da Geologia, Utilizando o caso da Formação da Cadeia da Arrábida*. Dissertação de mestrado não publicada, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Ramalho, M. L. (2007). *A Geologia no Ensino Secundário: a utilização dos princípios fundamentais de Estratigrafia*. Dissertação de mestrado não publicada, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova, Monte da Caparica.
- Pais, J., Legoinha, P. & Reboredo, F. (2000). *Litoral da Península de Setúbal – geologia e flora. Guia de Excursão da Geologia no Verão*. FCTUNL: Centro Estudos Geológicos.
- Prego, A. M. (2008). *A Brecha da Arrábida: perspectiva transdisciplinar de um georecurso extinto*. Dissertação de mestrado não publicada, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova, Monte da Caparica.

# **VISITA DE CAMPO À PEDREIRA DE CALCÁRIOS E MARGAS “BOM JESUS” (CIMPOR) E ÀS PEDREIRAS DE AREIA E ARGILA DA MATA DE SESIMBRA**

**João Meira**

**VISA Consultores, S. A.**

**(jmeira@visaconsultores.com)**

## **Resumo**

A exploração de pedreiras envolve um conjunto de actividades sequenciais que traduzem um ciclo produtivo constituído por actividades como a desmatção, decapagem, remoção, beneficiação e expedição. O aproveitamento racional do recurso mineral depende do método de desmonte e da qualidade do maciço em termos geológicos.

Os recursos minerais são explorados onde ocorrem, com recurso a tecnologia e recursos humanos. Da exploração fazem parte as operações de lavra, aterro, recuperação paisagística e desactivação.

Nesta visita de campo serão abordadas as explorações de maciços rochosos (calcários e margas) e maciços de fraca coesão (areias e argilas). Serão, ainda, abordadas as diferentes tipologias de desmonte e tecnologia.

## **1. Introdução**

A actividade mineira é caracterizada por um conjunto de fases que evoluem no tempo e vão desde a identificação do jazigo mineral até à desactivação e ao abandono controlado da área afectada, passando pela caracterização e avaliação do potencial mineiro, pelo licenciamento da unidade extractiva e pela exploração do recurso mineral. Nesta visita de campo será abordada esta última fase, referente à exploração do recurso mineral. No caso concreto, serão abordados dois exemplos de exploração: maciços rochosos (calcários e margas) e maciços de fraca coesão (areias e argilas).

A fase de exploração consiste na extracção do recurso mineral de acordo com o projecto elaborado e aprovado pela entidade licenciadora, no respeito pelo ambiente, pelas condições de segurança e garantindo a viabilidade económica da actividade. Nesta fase são, geralmente, complementadas as informações da prospecção geológica, de modo a incrementar e aperfeiçoar o conhecimento do jazigo mineral. Paralelamente, é realizada a recuperação paisagística, de modo a garantir um bom desempenho ambiental da unidade extractiva.

Para a concretização da exploração são utilizados meios tecnológicos e recursos humanos. A exploração das duas tipologias de maciços envolve dois métodos de desmonte com algumas actividades comuns. Entre as diferenças realça-se a utilização de explosivos no desmonte dos maciços rochosos e a utilização exclusiva de meios mecânicos na exploração de maciços de fraca coesão. A geometria da escavação também é uma das diferenças a assinalar que se deve às diferentes características geológicas dos dois maciços.

## **2. Legislação**

O regulamento jurídico que rege a exploração de todos os recursos minerais é o Decreto-Lei n.º 90/90, de 16 de Março. No caso concreto das pedreiras (massas minerais) a exploração é regida também pelo Decreto-Lei n.º 270/2001, de 6 de Outubro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 340/2007, de 12 de Outubro.

Nenhuma pedreira poderá ser explorada sem a respectiva licença de exploração, atribuída com base no Plano de Pedreira. O Plano de Pedreira é o documento técnico que orienta a exploração



da pedreira, sendo constituído pelos seguintes projectos parcelares: Plano de Lavra, Plano de Deposição, Plano de Segurança e Saúde e Plano Ambiental e de Recuperação Paisagística.

A dimensão de alguns projectos de pedreira exige que no seu licenciamento haja sujeição do projecto ao regime de Avaliação de Impacte Ambiental, sendo a instrução do pedido de licenciamento feita com o respectivo Estudo de Impacte Ambiental.

Decorrente do procedimento de Avaliação de Impacte Ambiental é exigido o cumprimento de medidas ambientais com vista à minimização dos impactes induzidas pela exploração da pedreira.

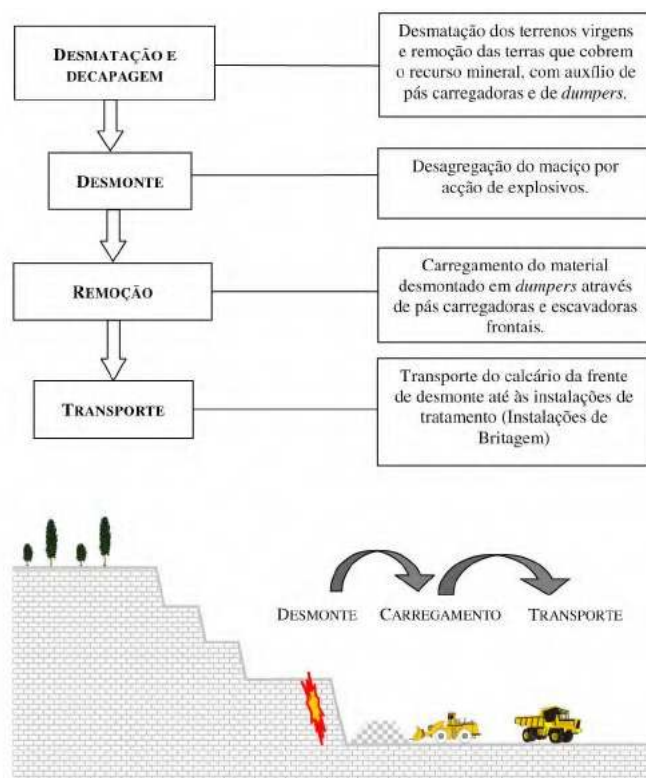
### 3. Método de extracção em maciços rochosos

A exploração da pedreira “Bom Jesus” está sujeita a um apertado controlo, de forma a serem obtidos os teores ideais de elementos químicos que compõem a matéria-prima que alimenta a fábrica. Tais objectivos obrigam à realização do desmonte em vários locais na área de exploração, permitindo a constituição de lotes consoante a distribuição de teores químicos da massa mineral.

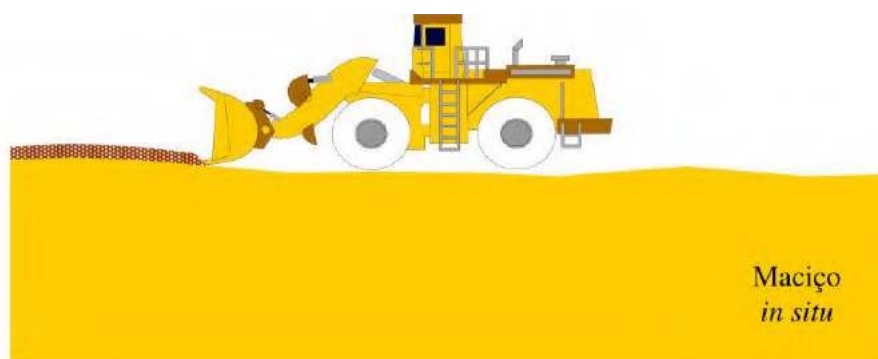
A actividade extractiva na pedreira envolve um conjunto de acções sequenciais, traduzida no circuito produtivo esquematizado na Figura 1.

A exploração do maciço rochoso é precedida pelas operações de desmatagem, seguindo-se a decapagem para remoção da terra vegetal e armazenamento em pargas para posterior reutilização na recuperação paisagística da pedreira.

A decapagem é efectuada com recurso a uma pá carregadora ou escavadora, funcionando com o balde (pá) em posição rasante ao solo, conforme se ilustra na Figura 2.



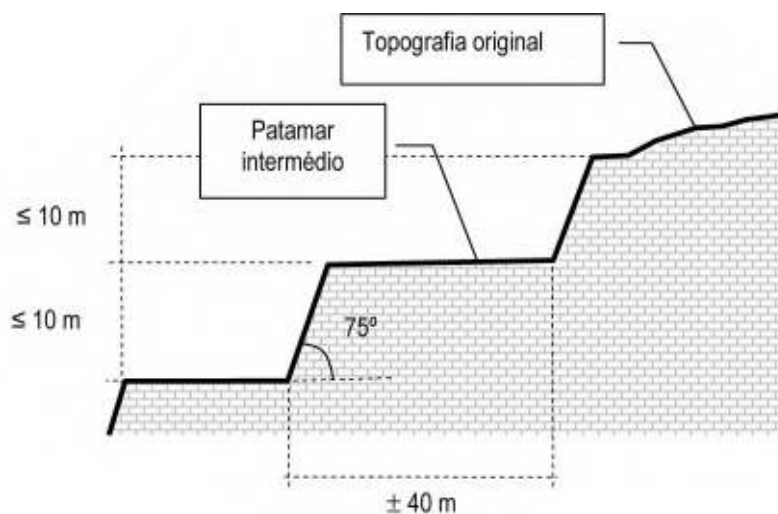
**Figura 1.** Esquema geral da actividade extractiva em maciços rochosos.



**Figura 2.** Técnica de remoção da terra vegetal.

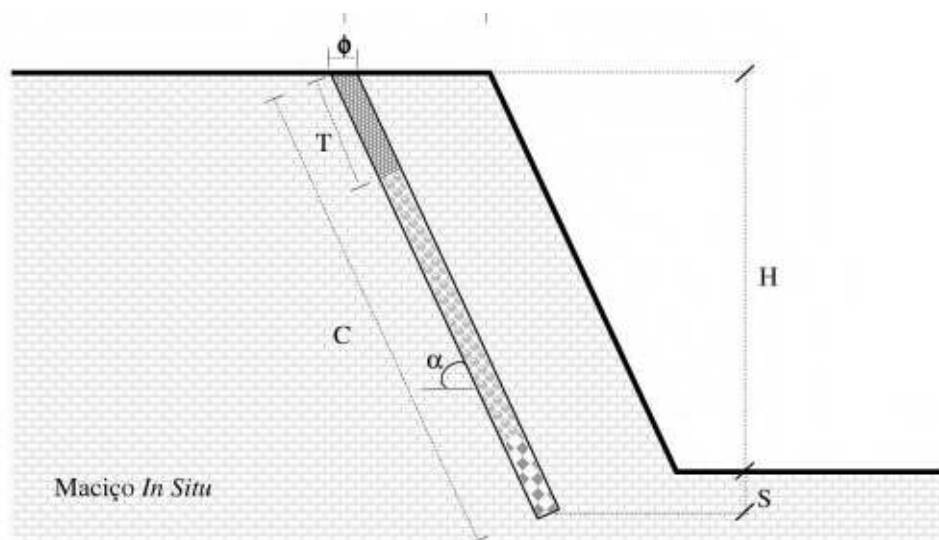
Após ter sido efectuada a desmatção nos locais que ainda não foram explorados e retiradas as terras de cobertura, procede-se ao arranque da rocha em bancadas e patamares, utilizando-se explosivos industriais para desagregar o material. Este método inclui a perfuração, carregamento de explosivo, escorvamento e detonação, seguidos da fragmentação secundária (quando necessária), remoção e transporte do material.

Na Figura 3 apresenta-se o perfil esquemático das dimensões dos taludes de escavação, numa situação intermédia.



**Figura 3.** Dimensões das bancadas de desmonte.

A perfuração e carregamento dos furos com explosivo são efectuados de acordo com o indicado na Figura 4.



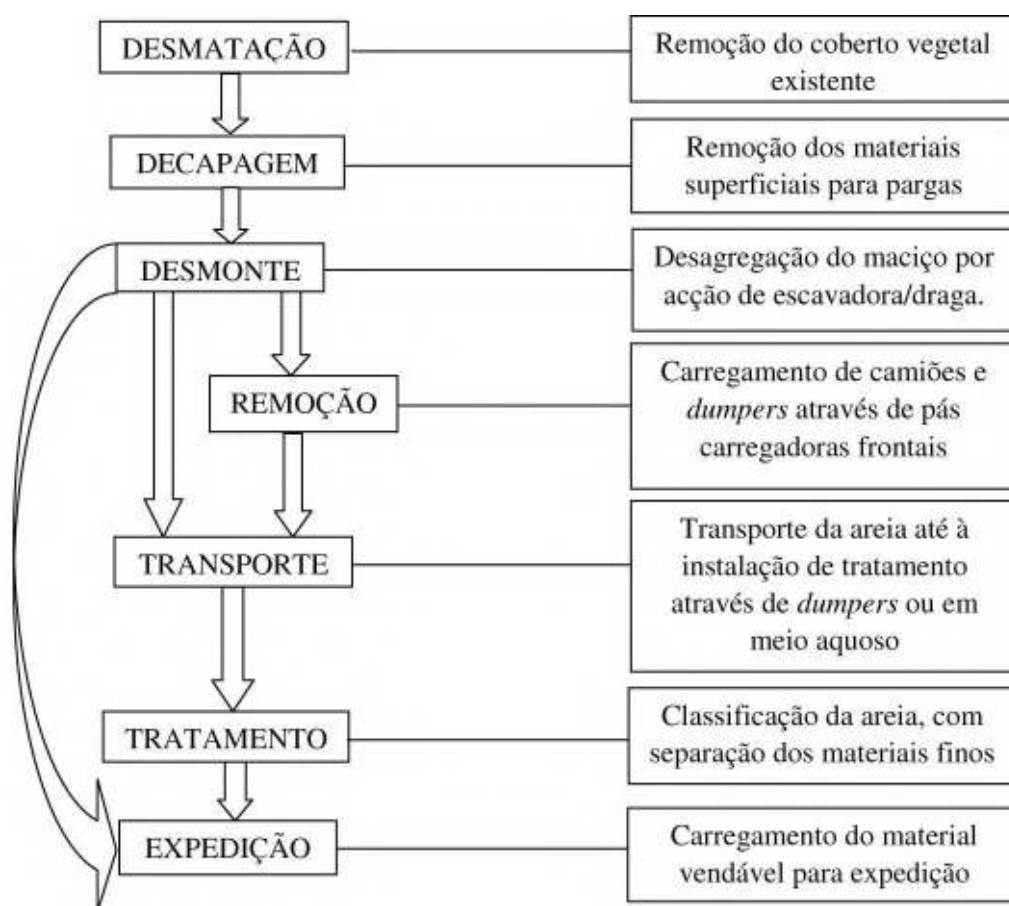
PARÂMETRO	SÍMBOLO	CARACTERÍSTICA
Altura da bancada [m]	H	9 a 15
Diâmetro do furo [mm]	$\phi$	85, 95, 105
Espaçamento entre furos [m]	E	4
Afastamento à face livre [m]	A	3,5
Sobrefuração [m]	S	0,6
Inclinação do furo [graus com a horizontal]	$\alpha$	75
Comprimento do furo [m]	C	9,9 a 16,1
Tamponamento (atacamento) [m]	T	1,0 a 2,5
Carga específica por furo [kg/m]	—	3,4 a 3,8
Escorvamento	—	Eléctrico (com micro-retardos)

**Figura 4.** Perfil esquemático do carregamento dos furos.

#### 4. Método de extracção em maciços de fraca coesão

A actividade extractiva de areias e argilas nas pedreiras da Mata de Sesimbra envolve um conjunto de acções sequenciais traduzidas nos circuitos produtivos esquematizados nas Figura 3 e Figura 4 consoante esteja em causa, respectivamente, a exploração de areias ou argilas.





**Figura 5.** Esquema geral da actividade extractiva para as areias.



**Figura 6.** Esquema geral da actividade extractiva para as argilas.

A exploração dos maciços de areia ou argila é também precedida pelas operações de desmatagem e decapagem conforme descrito para a extracção na pedreira “Bom Jesus”.

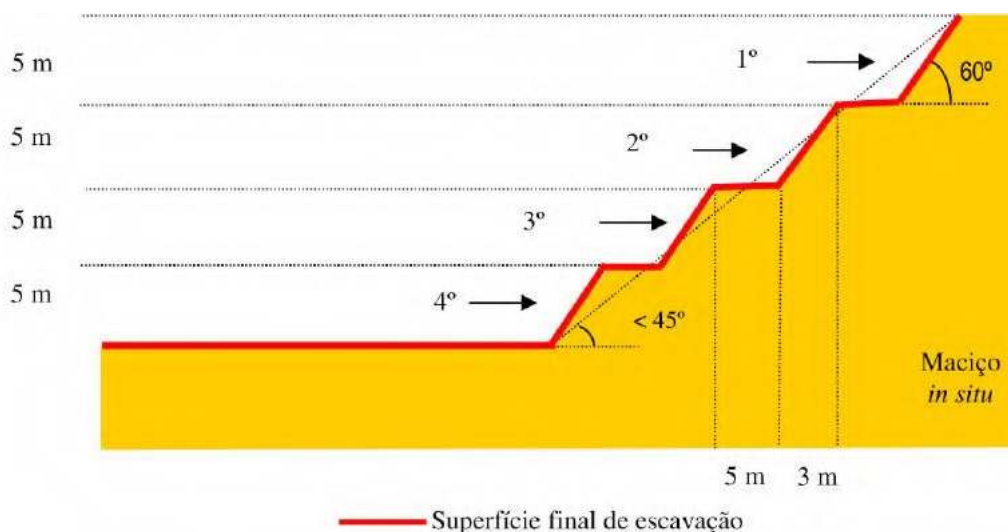
O desmonte do maciço é realizado por acção de escavadoras, no caso das argilas, e por draga, complementado por escavadoras ou pás carregadoras, no caso das areias.

A remoção das argilas é uma operação que consiste em carregar os camiões de expedição para o transporte da argila para as fábricas de cerâmica.

A remoção das areias é feita por bombagem, em meio aquoso, da draga para as respectivas unidades industriais de beneficiação. De forma complementar, a remoção também é realizada para *dumpers* que transportam a areia para essas mesmas unidades industriais, no caso do desmonte com escavadora ou pá carregadora. Por vezes, a remoção é feita directamente para os camiões dos clientes sempre que se pretenda expedir a areia *tal qual*.

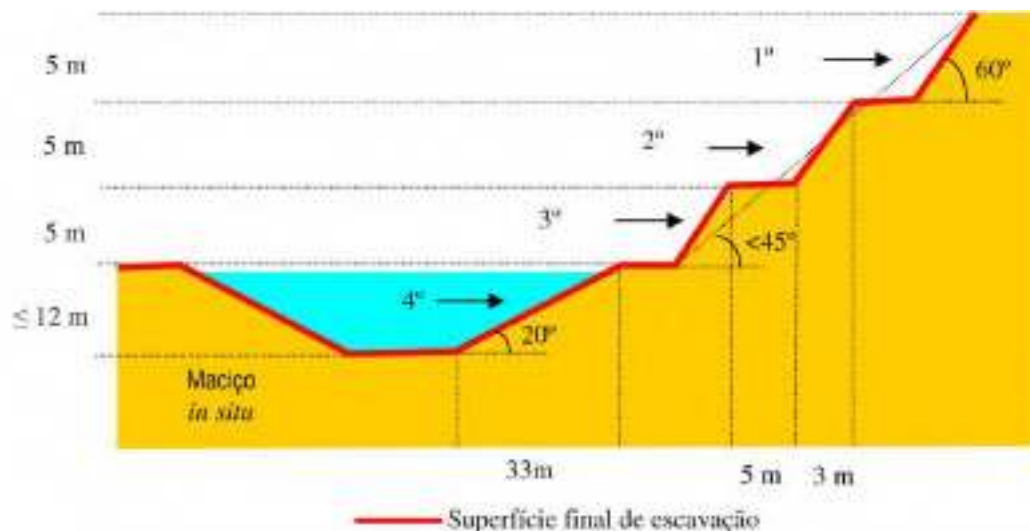
O desmonte nas argilas processa-se com a utilização de uma escavadora giratória que desagrega o maciço argiloso existente, criando pequenos depósitos junto às frentes, que são seguidamente removidos para os camiões. Esses camiões transportam a argila para as fábricas de cerâmica.

A exploração é efectuada de cima para baixo por degraus e patamares (Figura 5). A configuração da escavação é traduzida com bancadas com 5 m de altura e cerca de 5 m de largura para os patamares. Os taludes de escavação têm individualmente cerca de 60° de inclinação, sendo o ângulo geral de talude inferior a 45° de inclinação. No desenrolar da exploração as bancadas intermédias encontram-se separadas por patamares com cerca de 10 m de largura, de forma a que o desmonte em cada bancada possa prosseguir garantindo as condições de segurança.



**Figura 7.** Perfil esquemático da configuração final de escavação nas argilas.

O desmonte nas areias é feito com dois métodos, consoante a tipologia de areias. Assim, nas areias com um grau de coesão superior, a configuração da escavação é idêntica à adoptada para as argilas, excepto na exploração abaixo do nível freático (Figura 6).

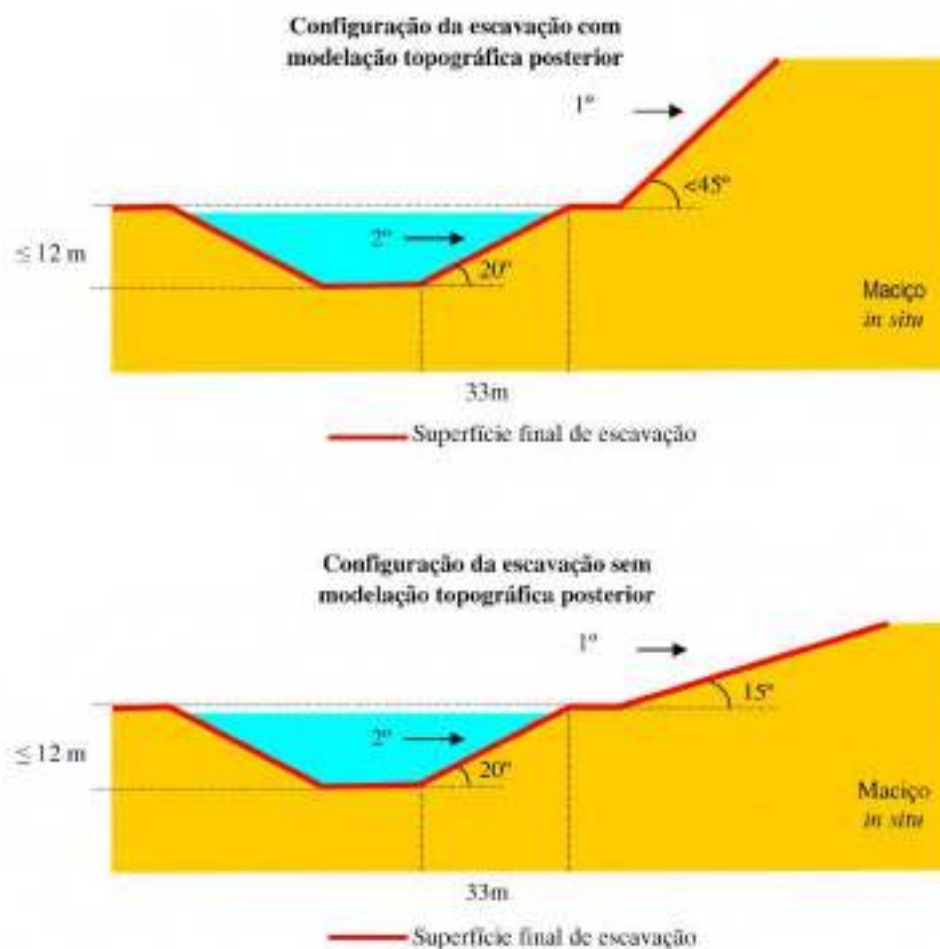


**Figura 8.** Perfil esquemático da configuração final de escavação para as areias com grau de coesão superior.

Na exploração abaixo do nível freático o desmonte é realizado com recurso a uma draga que desagrega o maciço arenoso e o transporta em meio aquoso para a unidade industrial de beneficiação. Acima do nível freático o desmonte é realizado com escavadora giratória ou pá carregadora, sendo o encaminhamento para a unidade industrial de beneficiação feito por *dumpers*. A exploração abaixo do nível freático é feita com uma bancada com 20° de inclinação e uma altura máxima de 12 m.

Nas areias com grau de coesão inferior o desmonte é realizado com recurso a uma draga que desagrega o maciço arenoso e o transporta em meio aquoso para a unidade industrial de beneficiação. Por vezes, é efectuado o desmonte acima do nível freático com uma pá carregadora que desagrega o maciço e o carrega para *dumpers* ou para os camiões dos clientes no caso da areia *tal qual*. Os *dumpers* transportam a areia para a zona onde a draga efectua o desmonte ou directamente para a unidade industrial de beneficiação.

A configuração final de escavação apresenta duas bancadas de desmonte, uma acima do nível freático, com 45° de inclinação, e outra abaixo do nível freático, com 20° de inclinação. Nas situações onde não esteja prevista a modelação topográfica com materiais exógenos, no âmbito da recuperação paisagística, é adoptado um ângulo de talude de 15° na bancada acima do nível freático (Figura 7). A bancada abaixo do nível freático tem uma altura máxima de 12 m.



**Figura 9.** Perfil esquemático da configuração final de escavação para as areias com grau de coesão inferior.

## 5. Beneficiação

O processo de beneficiação do recurso mineral é uma operação complementar tendo em vista a aplicação da matéria-prima.

No caso da pedreira “Bom Jesus” o recurso mineral é aplicado como matéria-prima para o fabrico de cimento. Assim, depois da fase de extracção, o material desmontado na frente de desmonte é encaminhado para uma unidade industrial de beneficiação constituída por um britador. Nessa unidade procede-se à fragmentação do material até atingir uma dimensão inferior a 10 mm. À saída do circuito de britagem existe uma tela transportadora que encaminha o material para a fábrica de cimento.

No caso da argila, é feito o seu encaminhamento *tal qual* para as fábricas de cerâmica, não existindo qualquer processo de beneficiação.

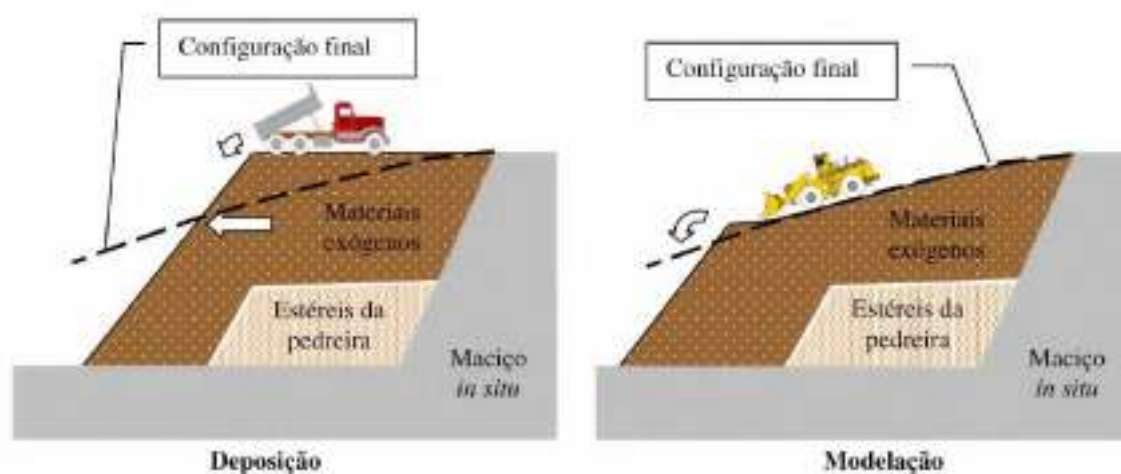
No caso da areia, a beneficiação visa a retirada da argila disseminada no maciço arenoso. A beneficiação é feita a seco, com recurso a um crivo, ou em meio aquoso, com recurso a uma nora que possui um crivo escorredor. À saída de cada circuito de beneficiação são criadas pilhas de areia crivada ou lavada pronta para expedição para os camiões dos clientes.

## 6. Deposição

A deposição é uma operação acessória do método de exploração das pedreiras que visa o enquadramento morfológico com a envolvente e a gestão dos resíduos mineiros. Constitui, ainda, o início das operações de recuperação paisagística.

No processo de exploração do recurso mineral são produzidos resíduos mineiros que constituem materiais sem aproveitamento económico. Esses materiais são utilizados para a modelação da corta da pedreira, contribuindo para a estabilização dos taludes a longo prazo. Complementarmente, são utilizados materiais exógenos para melhorar o enquadramento paisagístico e redução do desnível entre a corta e a envolvente.

Na Figura 8 apresenta-se o perfil esquemático da modelação com esses materiais, englobando a deposição e a modelação.



**Figura 10.** Perfil esquemático do método construtivo do aterro.

## 7. Segurança e saúde

As medidas de segurança e saúde aplicadas na exploração das pedreiras visam evitar a ocorrência de acidentes e o aparecimento de doenças profissionais. As medidas de segurança passam pela afixação de sinalização nos locais de perigo e pela aplicação de normas e procedimentos tendo em vista a minimização dos riscos de acidente. Por outro lado, o acompanhamento regular pelo médico no trabalho visa o acompanhamento dos trabalhadores em termos de saúde.

## 8. Recuperação paisagística

A recuperação paisagística é uma operação que visa garantir que toda a área intervencionada pela actividade extractiva se encontre devidamente integrada, permitindo deste modo um melhor enquadramento na paisagem envolvente.

Desta operação fazem parte actividades como a modelação, o revestimento vegetal e a manutenção e conservação.

A modelação consiste em suavizar o aterro com os estêreis da pedreira e com os materiais exógenos. Seguidamente, procede-se ao espalhamento da terra vegetal recolhida no processo de decapagem.

O revestimento vegetal consiste na aplicação de sementeiras, hidrossementeiras e plantação de espécies arbóreas de acordo com o previsto no Plano de Pedreira. As espécies vegetais são aplicadas de acordo com as condições edafo-climáticas da região onde se insere a pedreira.

## **9. Desactivação**

A desactivação é uma operação complementar do processo de recuperação paisagística. As intervenções previstas na desactivação visam finalizar as actividades de exploração das pedreiras, garantindo, ao mesmo tempo, as adequadas condições de segurança e enquadramento com o meio envolvente.

A desactivação consiste no desmantelamento das instalações fixas, na remobilização dos equipamentos móveis e na integração dos recursos humanos em outros estabelecimentos industriais.

Com a desactivação garante-se o cumprimento do Plano de Pedreira e o abandono controlado da área de exploração.

# **GEODIVERSIDADE NO PARQUE NATURAL SINTRA-CASCAIS.**

**Nuno Leal**

**Centro de Investigação em Ciência e Engenharia Geológica, Universidade Nova de Lisboa)**

**(nunogffleal@gmail.com)**

## **Resumo**

A região de Sintra-Cascais constitui um insubstituível manancial de informação na área das Ciências Naturais, nomeadamente no que diz respeito à diversidade de rochas e de estruturas aqui existentes, bem como à variedade de paisagens geológicas por elas produzidas. De facto, nesta região, são encontradas rochas com mineralogias e texturas variadas, entre as quais os granitos, sienitos, dioritos e gabros e as diversas rochas filonianas -filões-camada e diques -do Maciço Eruptivo de Sintra, assim como as diversas rochas que constituem o seu encaixante sedimentar, destacando-se os arenitos e os calcários. É possível, ainda, observar estruturas geológicas como falhas e dobramentos. Toda esta diversidade de rochas e de estruturas produz diversos tipos de formas de relevo, nomeadamente caos de blocos, campos de lapíás, relevos resultantes de erosão diferencial e de estruturas geológicas pré-existent. Em suma, esta região constitui um verdadeiro Compêndio de Geologia, apresentado da melhor forma: no terreno.

## **1. Introdução**

Situada cerca de 30 km a WNW de Lisboa, a Serra de Sintra constitui um excelente exemplo de um relevo resultante de erosão diferencial. De facto, sendo constituída por um maciço eruptivo intrusivo em rochas sedimentares de natureza carbonatada, a serra destaca-se da região envolvente devido à maior resistência dos materiais eruptivos em relação ao encaixante. Este é, sem dúvida, o acidente geológico e geomorfológico de maior importância da península de Lisboa.

## **2. Geomorfologia**

Do ponto de vista geomorfológico, é possível constatar que, com efeito, a Serra de Sintra, com os seus 528 metros de altitude máxima (alcançados na Cruz Alta e na Pena), se evidencia desde muito longe, contrastando com as colinas periféricas, de natureza carbonatada, que a envolvem.

Talvez o melhor local para estes aspectos serem observados seja a região de Alcabideche. Aqui, olhando para o quadrante Norte, é possível delimitar de forma rigorosa onde começa o maciço eruptivo, ou seja, onde acabam as rochas sedimentares que o envolvem.

Vista em planta, a Serra de Sintra tem uma forma aproximadamente elíptica, com um eixo maior de cerca de 10 km e um eixo menor de cerca de 5 km. A extremidade Leste localiza-se na região de São Pedro de Sintra e a extremidade Oeste situa-se no Cabo da Roca, o ponto mais ocidental da Europa continental, que constitui uma arribas com 150 metros de altura. A parte Norte apresenta declives acentuados, enquanto na parte Sul a transição entre o maciço eruptivo e o encaixante é feita de forma menos abrupta.

Quer a Norte, quer a Sul do Maciço de Sintra, desenvolveu-se uma plataforma de abrasão marinha talhada em rochas de natureza carbonatada, menos resistentes que as rochas eruptivas em relação à acção erosiva do mar. Um dos locais onde esta plataforma pode ser observada com facilidade é a região de Oitavos, a Norte de Cascais. Aqui podem ser observadas camadas de calcários mais ou menos margosos datadas do Período Cretácico que afloram constituindo

uma superfície horizontal bem definida: a plataforma de abrasão marinha. Actualmente, esta plataforma encontra-se acima do nível do mar, facto que conduz à sua erosão por parte dos diversos agentes, especialmente através da acção das ondas que, constantemente, rebentam nas arribas, desgastando-as e depositando em seguida os produtos da erosão.

Pode ainda constatar-se que se desenvolveu de forma incipiente um modelado cársico, correspondente a um campo de lapiás (ou lapires), no qual é possível encontrar micro-dolinas, com o seu fundo coberto por terra-rossa.

Ainda em Oitavos, sobre a plataforma de abrasão marinha, durante o Quaternário, depositou-se uma duna que se encontra actualmente consolidada. Observando esta estrutura, é possível deduzir-se a orientação do vento predominante aquando da sua constituição, nomeadamente, qual a sua direcção e sentido.

A partir deste local, pode ainda observar-se o contraste geomorfológico entre a Serra de Sintra e a região envolvente.

### **3. Região situada a Sul da Serra de Sintra: litologias e estruturas**

Cerca de 4 km a Norte, na Praia da Cresmina, pode observar-se que, sem que tenha havido interrupção da sequência, as camadas de rochas sedimentares variadas (calcários, arenitos, argilitos) se encontram inclinadas para Norte. É um bom local para serem medidas as atitudes das camadas, isto é, os valores correspondentes à direcção e à inclinação de cada uma delas.

Entre as variadas litologias presentes, pode ser observado um calcário fossilífero, do Cretácico Inferior, constituído quase totalmente por carapaças de foraminíferos bentónicos do género *Orbitolina*. A presença destes fósseis de fácies reveste-se de grande interesse, na medida em que, correspondendo a restos de organismos que viveram em águas pouco profundas, nos fornecem importantes indicações paleoambientais.

Pode ainda ser observada uma camada de um arenito fluvial, na qual é visível estratificação entrecruzada. O carácter fluvial dos sedimentos não pode ser facilmente deduzido a olho nu; contudo, recorrendo ao estudo morfoscópico (análise das formas) dos grãos, é possível constatar que, de facto, a sua superfície se encontra arredondada e despolida, aspectos estes típicos de erosão em ambiente fluvial.

Cerca de 500 metros a Norte, surge a Praia Grande do Guincho. Neste local, pode observar-se que, na parte Sul da praia, as camadas de rochas sedimentares inclinam para Norte, enquanto que na parte Norte, inclinam para Sul. Este facto traduz a existência de um sinclinal, estrutura em dobra com a concavidade virada para o lado onde se encontram as camadas mais recentes, neste caso, para cima. Nesta estrutura, pode ser definido um eixo – o eixo do sinclinal – local no qual as camadas invertem o sentido da inclinação; no caso da Praia Grande do Guincho, o eixo localiza-se sensivelmente a meio da praia.

Também a meio da praia, mas sem relação aparente com a estrutura sinclinal, ocorre uma chaminé vulcânica, na qual são visíveis materiais piroclásticos.

A Norte da Praia Grande do Guincho, próximo da ribeira que desagua na Praia do Abano, existem vários abarrancamentos, nos quais é possível observar materiais clásticos não consolidados, muito mal calibrados e de contornos angulosos, testemunhos do regime torrencial que os gerou.



Na margem direita da linha de água principal onde se desenvolvem os abarrancamentos, ocorrem calcários fossilíferos, nos quais se encontram corais fossilizados. Uma vez mais, a presença destes vestígios de seres vivos reveste-se de particular importância, uma vez que os corais são organismos muito exigentes do ponto de vista ambiental, necessitando de águas quentes e límpidas, pouco profundas.

Na Praia do Abano, pode observar-se uma cascalheira de praia, na qual são visíveis calhaus de variadas dimensões e naturezas, reflectindo as litologias que, transportadas pelo mar e pela linha de água que desagua na praia, aqui vieram depositar-se. Caso venha a consolidar por efeito da diagénese, esta cascalheira transformar-se-á num conglomerado poligénico.

É ainda possível ver que, em alguns locais da praia, sobre a cascalheira depositou-se areia, que traduz a fase de deposição de materiais trazidos pelo mar. Com a continuação desta deposição, acompanhada por uma subida do nível do mar, poderá gerar-se uma sequência positiva, relativa a um episódio de transgressão.

Ao longo da estrada Guincho – Malveira da Serra, é possível observar que, no início (próximo do Guincho), a ribeira que acompanha a estrada se instalou ao longo do eixo do sinclinal observado na Praia Grande do Guincho. Mais acima, no entanto, a ribeira deixa de estar encaixada segundo o sinclinal, sendo, então, visíveis diversas inclinações aparentes das camadas de rochas carbonatadas.

#### **4. O Maciço Eruptivo de Sintra**

Já na Malveira da Serra, na estrada que liga esta povoação a Cascais, podem ser observadas diversas rochas de natureza calcária, de idades Jurássica e Cretácica, inclinadas para Sul, tal como acontece na parte Norte da Praia Grande do Guincho. Estas rochas são cortadas, localmente, por filões, de dois tipos fundamentais: filões-camada e diques. Estes filões estão intimamente ligados ao processo de instalação do corpo magmático. Este local é excelente para apresentar o Maciço Eruptivo de Sintra do ponto de vista estrutural, uma vez que aqui são visíveis as rochas encaixantes (com idades bem definidas através do conteúdo fossilífero), a sua inclinação para Sul (indicando uma parte da estrutura do maciço neste local) e, ainda, o contacto entre as rochas encaixantes e o maciço eruptivo. Também os efeitos do metamorfismo são aqui bem visíveis, nomeadamente através de metassomatismo em algumas rochas de natureza calcária, os designados “xistos do Ramalhão”, que devem o seu nome à aparência xistosa que exibem, apesar de não serem, de forma nenhuma, xistos.

Um pouco a Norte, ainda no interior da Malveira da Serra, ocorrem já rochas pertencentes ao Maciço Eruptivo de Sintra, nomeadamente, granitos e dioritos. Este é um local excelente para ser feita uma apresentação do maciço, do ponto de vista da litológico. De facto, a diversidade de rochas presentes nesta região é muitíssimo grande, variando entre gabros e granitos, passando por dioritos e sienitos, todos eles com uma enorme variedade textural e mineralógica. A variedade textural é traduzida pela existência de granularidades grosseira, média, fina e muito fina, bem como por aspectos texturais particulares muito diversos. A variedade mineralógica revela-se pelas diferentes proporções apresentadas pelos diversos minerais principais presentes, nomeadamente, piroxenas, anfíbulas, biotite, plagioclases, feldspato alcalino e quartzo, sendo observável que, também eles, contribuem para a variedade

textural.

Cerca de 1 km a Norte, são visíveis blocos de calcários mais ou menos recrystalizados (sendo, por vezes, mármore) pertencentes a uma antiga pedreira de cal. Esta pedreira situa-se um pouco acima do local onde se observam os blocos e corresponde a um enclave calcário de grandes dimensões, que foi incluído numa câmara magmática durante o processo de ascensão dos materiais em fusão.

No Cabo da Roca, o ponto mais ocidental da Europa continental, é possível ficarmos com uma ideia mais ou menos rigorosa da dimensão do maciço, no que diz respeito à sua extensão na direcção N-S. De facto, deste ponto são visíveis, para Sul, a Praia Grande do Guincho e para Norte, a Pedra da Ursa, correspondendo cada um destes pontos a regiões situadas no encaixante do maciço, mas não muito longe do contacto entre as rochas sedimentares e as rochas magmáticas. É ainda visível o grande contraste de resistências à erosão entre estes dois tipos de rochas, possibilitando a existência do Cabo da Roca, que entra mar adentro, destacando-se também na vertical, com a sua arribas com 150 metros de altura.

A cerca de 1 km do Cabo da Roca, situam-se os Moinhos da Azóia, onde são observáveis dioritos e gabros, bem como sienitos. Depois de observadas estas rochas, é chegado o momento de contar uma “História do Maciço”, ou seja, a forma como os acontecimentos geológicos se terão sucedido, de maneira a podermos encontrar o maciço tal como ele se nos apresenta.

A Norte do Maciço de Sintra, na Praia Grande do Rodízio são visíveis camadas de rochas sedimentares bastante inclinadas (cerca de 80°) para Norte, nas quais são visíveis pegadas de dinossáurios.

Novamente no interior do Maciço de Sintra, na Estrada Malveira da Serra – Linhó, podem ser observados diversos aspectos típicos da erosão em regiões graníticas, nomeadamente, caos de blocos, disjunção esferoidal e arenização, sendo também visível um bloco pedunculado.

Pode ainda ser observada a forma como a vegetação favorece a erosão física das rochas, nomeadamente através da acção das suas raízes. Por vezes, são ainda visíveis sinais de fenómenos de crioclastia, traduzidos pela existência de fendas em grandes blocos graníticos.

---

## AULAS PRÁTICAS



# **FÓSSEIS, NA SALA DE AULA E FORA DELA**

**Carlos Marques da Silva**

**Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa**

**(paleo.carlos@fc.ul.pt)**

## **Resumo**

A Paleontologia, sobretudo por via do estudo dos fósseis, integra os programas das disciplinas de Ciências da Natureza a vários níveis do Ensino Básico e Secundário. Na última década a abordagem dos fósseis, quer cientificamente, quer culturalmente, alterou-se significativamente. Essa modificação afectou desde aspectos tão fundamentais como o conceito de fóssil, até ao significado cultural e patrimonial dos fósseis enquanto elementos fundamentais da geodiversidade, passando pelo seu potencial educativo e de divulgação científica. O ensino de temas relacionados com fósseis, nomeadamente ao nível do Ensino Básico e Secundário, deve reflectir esta mudança geral de perspectivas. Os conceitos abordados devem ser revistos e actualizados. Por seu turno, o conceito de geodiversidade, a sua ligação com a biodiversidade e o papel fundamental nos fósseis nesta ligação deveriam ser introduzidos. Deste modo ter-se-ia uma visão dinâmica dos temas paleontológicos e obter-se-ia uma maior integração da abordagem do mundo natural, geobiológico, em que vivemos.

## **1. Introdução**

A Paleontologia, sobretudo por via das entidades paleontológicas elementares – os fósseis – é tema integrante dos programas das disciplinas de Ciências da Natureza, Biologia e Geologia a vários níveis do Ensino Básico e Secundário. A observação e interpretação dos fósseis, quer na sala de aula, quer em afloramento, e a sua utilização, sobretudo como indicadores cronológicos e paleoambientais, para compreensão da história da Terra e da origem da sua biodiversidade, são questões fulcrais a abordar no âmbito desses programas.

Na última década a abordagem dos fósseis, quer cientificamente, quer culturalmente, alterou-se de modo significativo. Essa modificação afectou desde aspectos tão fundamentais como o próprio conceito de fóssil (Silva, 2006), até ao significado cultural e patrimonial dos fósseis enquanto elementos fundamentais da geodiversidade (Silva, 2008a), passando pelo seu potencial educativo e de divulgação científica (Silva & Cachão, 1998; Silva, 2009).

Serão aqui discutidos alguns aspectos relacionados com a abordagem dos fósseis e de temas paleontológicos em geral, quer no contexto de sala de aula, quer fora dela, sem qualquer aspiração, contudo, a tratar-se de uma abordagem sistemática ou exaustiva da questão.

## **2. Fósseis na sala de aula**

Os fósseis, na sala de aula, já não são (ou não deveriam ser) abordados como simples objectos isolados em “caixinhas”, acomodados em tabuleiros, irremediavelmente separados do seu contexto geológico original e, frequentemente, confundidos com os organismos que estiveram – directa ou indirectamente – na sua origem. Os fósseis são agora claramente apresentados como elementos de um contexto geológico mais amplo e dinâmico, do qual são parte integrante e importante, como objectos geológicos particulares, com uma génese orgânica mais ou menos remota, como contendo informação tafonómica e paleobiológica fundamental para a compreensão da formação do registo fóssil, da diversidade biológica do passado e da sua evolução ao longo da história do Planeta Terra.

Com a introdução do conceito de “geodiversidade” (Gray, 2004; Silva, 2008a), é essencial

que os fósseis sejam claramente entendidos como seu elemento integrante e fundamental e como importante elo de ligação, como ponte primordial – ainda que não a única – entre as geociências e as ciências da vida: entre a geodiversidade e a biodiversidade (Silva, 2008d). Também ao nível da protecção da Natureza geológica os fósseis são basilares, constituindo a protecção e valorização de ocorrências fossilíferas, frequentemente, poderoso motor de geoconservação (Cachão *et al.*, 1999).

Neste contexto de renovação de perspectivas relativamente aos fósseis, é fundamental que o ensino de temas paleontológicos reflecta, nas suas práticas e nos seus conceitos, essa mesma evolução. Conceitos como os de “fóssil vivo” (Silva, 2008b), “fóssil de transição”, “fóssil estratigráfico” (Silva, 2008c), “fóssil de fácies”, etc., por exemplo, porque obsoletos e estéreis ou, por outro lado, porque devido à sua complexidade, são normalmente abordados de forma equívoca e desadequada, deveriam ser abandonados, pelo menos ao nível no Ensino Básico e Secundário. A abordagem destes conceitos deveria ser substituída pela introdução de outros bem mais úteis e em consonância com a visão diversificada e plural que se tem do mundo natural (e não só) actualmente. Poderiam ser substituídos, por exemplo, pelo conceito de geodiversidade, abordando o papel dos fósseis no seu seio, como elementos da “paleodiversidade”, bem como pela abordagem da importância da informação contida no registo fóssil para a compreensão da evolução biológica e da importância dos fósseis, de todos eles!, como portadores de informação geocronológica (relativa) e paleoambiental e da sua aplicação prática em exemplos concretos e acessíveis.



**Figura 1.** Afloramento fossilífero miocénico na Avenida Álvaro Cunhal, na Musgueira, Lisboa.

Por outro lado, por via da evolução tecnológica, do acesso à Internet, em tempo útil, durante as próprias aulas, abrem-se novas oportunidades para o estudo de temas paleontológicos e dos fósseis, nomeadamente para a sua identificação e interpretação em sala de aula. A identificação

dos fósseis – adequadamente contextualizados de um ponto de vista estratigráfico/cronológico – e da sua ligação aos grupos biológicos que representam é fundamental para estabelecer a ligação entre a Geologia (os fósseis) e a Biologia (os grupos biológicos do passado e a sua evolução). De outro modo, de que serve identificar, reconhecer, em concreto, o fóssil de uma amonite ou de uma trilobite se se desconhecem o seu posicionamento estratigráfico e as suas relações com os táxones de categoria superior – Moluscos Cefalópodes e Artrópodes – a que pertencem? Como extrair dos fósseis a informação geocronológica e paleoambiental que encerram se essa relação – mesmo a um nível elementar – não for estabelecida?

Apesar de ainda exígua, a oferta de qualidade de conteúdos paleontológicos de divulgação em português, acessíveis quer a docentes, quer a discentes, do Ensino Básico e Secundário, existe e poderá ser usada com sucesso na sala de aula (para a identificação expedita de fósseis nacionais) e fora dela (para consulta, como fonte de informação paleontológica). Páginas Internet tais como “Iniciação à Paleontologia e à História da Terra” (Oliveira *et al.*, 2004), “Temas de Paleontologia” (Silva, 2006) e a “Base de dados de fósseis do Museu Geológico” (INETI, 2004-08), são bons recursos *online* sobre fósseis e Paleontologia em Portugal.

### 3. Fósseis no campo e, também, na cidade

Todos os fósseis procedem, em última análise, de um contexto geológico original. Isto é basilar. Contudo, a tomada de consciência, por exemplo, de que os fósseis que ocorrem em contextos urbanos, por vezes nos próprios materiais geológicos dos quais a urbe é construída, próximos da escola (por vezes na própria escola!) podem e devem ser utilizados com sucesso no ensino de temas paleontológicos e geológicos e na formação dos cidadãos no respeito pela Natureza, é algo novo que requer abordagens inovadoras e o desenvolvimento de meios educativos próprios.

Veja-se o caso de Lisboa. Mesmo sem sair da cidade há afloramentos, alguns deles fossilíferos, perdidos no seu seio. Se por um lado são evidência de deficiente planeamento urbano, por outro, se adequadamente valorizados e enquadrados, poderão tornar-se em casos bem sucedidos de geoconservação e em preciosos e acessíveis recursos educativos. É um bom exemplo de como a divulgação da Paleontologia aliada à geoconservação podem transformar algo que é normalmente visto como negativo – terrenos “baldios” perdidos no meio da cidade – em geomonumentos capazes de valorizar a cidade e potenciar o ensino/aprendizagem das geociências e dos valores da protecção da Natureza e da geodiversidade.

Um exemplo notável é o afloramento da rua Sampaio Bruno, classificado como geomonumento e valorizado para usufruto de todos (Galopim de Carvalho, 2000). Há, actualmente, pelo menos 11 “geomonumentos” classificados ou propostos para classificação em Lisboa, ainda que nem todos devidamente enquadrados e valorizados. E depois há afloramentos que, não estando classificados, são excelentes locais para actividades de ensino. Alguns exemplos podem ser encontrados na rua Amílcar Cabral<sup>(1)</sup> (Qta. do Lambert) e na avenida Álvaro Cunhal<sup>(2)</sup> (Qta. da Musgueira) (Fig. 1).

O recurso a estes afloramentos urbanos para actividades educativas, ou outras, pressupõe que se compreende o valor fundamental da **geodiversidade** e se assume o imperativo ético, moral, e até económico de a proteger. Pressupõe que se adopte uma atitude activa

de respeito pela Natureza e de conservação dos valores geológicos e paleontológicos que promova a preservação e a valorização dos locais visitados. Tal como com a biodiversidade, a geodiversidade – e não apenas os locais classificados e expressamente protegidos – é o valor máximo a proteger no que toca à Geologia. Consequentemente é imperioso prevenir, conscientemente, comportamentos passíveis de danificar os locais a visitar e, muito importante, não recolher fósseis ou outros materiais geológicos que possam levar à destruição e/ou ao empobrecimento das jazidas.



**Figura 2.** Fóssil de gastrópode cretácico nerineídeo na fachada do nº 100 da Rua da Escola Politécnica, em Lisboa. Corte longitudinal da concha.

Outro recurso citadino inestimável é a Geologia e a Paleontologia que existem nas suas estruturas edificadas. A cidade cresceu a expensas dos materiais geológicos extraídos das suas pedreiras e das dos seus arrabaldes, desde Cascais até Vialonga, passando por Pêro Pinheiro e Malveira da Serra. Juntamente com os materiais de construção, foram trazidos para a cidade as rochas e os fósseis que elas encerram, elementos da Geologia e da Paleontologia das regiões limítrofes. Os fósseis arrancados, literalmente, do seu contexto geológico original e aprisionados nas estruturas urbanas de Lisboa, afloram agora nas fachadas dos edifícios e à superfície dos monumentos, até no pavimento das escolas, surgindo aos nossos olhos sob a forma de “Paleontologia urbana”, como se estivessem expostos num enorme museu quotidiano, ou apresentados numa sala de aula ao ar livre, que se espalha por toda a cidade (Silva & Cachão, 1998). São vários e, em alguns casos, extraordinários estes fósseis urbanos (Fig. 2). Em Silva (2007, 2009) são apontados vários exemplos lisboetas e almadenses.

#### **4. Conclusão: fósseis e geodiversidade**

A abordagem de temas paleontológicos e o modo de encarar os fósseis, quer a nível



científico, quer cultural, modificou-se nos últimos anos. De tal modo que, para o cidadão comum, os fósseis são agora encarados não apenas como curiosidades naturais, mas, mais claramente, como entidades geológicas fundamentais que, nomeadamente, estabelecem a ponte entre a biodiversidade do passado e a do presente. A generalização do conceito de geodiversidade e a compreensão dos fósseis como seu elemento fundamental tornou ainda mais evidente esta ligação entre a Geologia e a Biologia, tornando óbvio que para se conhecer e entender a biodiversidade do presente é necessário estudar Geologia e compreender a biodiversidade do passado (por via do estudo dos fósseis) (Silva, 2008d). Os fósseis tornaram-se, assim, também, poderosos motores de geoconservação (Cachão *et al.*, 1999).

O ensino de temas relacionados com fósseis, nomeadamente ao nível do Ensino Básico e Secundário, deve reflectir esta mudança geral de perspectivas e promover a mudança de mentalidades. Os conceitos paleontológicos presentemente abordados devem ser revistos e actualizados. Alguns, como os de “fóssil vivo” e de “fóssil de transição”, por exemplo, porque desajustados das perspectivas paleontológicas e evolutivas actuais, deveriam ser abandonados. Por seu turno, o conceito de geodiversidade e a sua ligação com a biodiversidade, bem como o papel fundamental nos fósseis nesta ligação deveriam ser introduzidos. Deste modo ter-se-ia uma abordagem dinâmica dos temas paleontológicos e obter-se-ia uma maior integração da abordagem do mundo natural, geobiológico, em que vivemos.

## 5. Notas

- 1) Fotos e localização disponíveis em: <http://www.panoramio.com/photo/5904709> e em <http://www.panoramio.com/photo/5904740>.
- 2) Fotos e localização disponíveis em: <http://www.panoramio.com/photo/15795812> e em <http://www.panoramio.com/photo/15795650>.

## 6. Referências bibliográficas

- Cachão, M., Silva, C.M. da, Santos, V.F. dos & Galopim de Carvalho, A.M. (1999). Paleontological Heritage as a Driving Force for Geoconservation: the Portuguese Experience. In D. Baretino, M. Vallejo & E. Gallego (Org.). *Towards the Balanced Management and Conservation of the Geological Heritage in the New Millenium* (pp. 398-401). Madrid: Soc. Geol. España.
- Galopim de Carvalho, A.M. (2000). *Geomonumentos de Lisboa. Jazida de Briozoários do Miocénico Inferior de Lisboa, Pólo Sampaio Bruno*. Lisboa: Museu Nacional de História Natural, Universidade de Lisboa.
- Gray, M. (2004). *Geodiversity, valuing and conserving abiotic nature*. Chichester: Willey.
- INETI (2004-08). Base de Dados de Fósseis do Museu Geológico. Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação. Acessível online em <http://e-geo.ineti.pt/bds/geobases>, consultado em 2009.06.15.
- Oliveira, J., Callapez, P. & Dias, E. (2004). Iniciação à Paleontologia e à História da Terra. Acessível online em <http://fossil.uc.pt>, consultado em 2009.06.15.
- Silva, C.M. da (2005). Guia do/a Professor/a. Exposição “Plumas em Dinossáurios! Afinal nem todos se extinguiram”. Museu Nacional de História Natural da Universidade de Lisboa.

- Acessível em <http://paleoviva.fc.ul.pt/pdfdivulgpaleo/guiaprofs01.pdf>, consultado em 2009.06.15.
- Silva, C.M. da (2006). Temas de Paleontologia: Fóssil. Acessível online em <http://webpages.fc.ul.pt/~cmsilva/Paleotemas/Fossil/Fossil.htm>, consultado em 2009.06.15.
- Silva, C.M. da (2007). Fósseis na Cidade: Paleontologia e Geologia urbana em Almada. Acessível online em <http://paleoviva.fc.ul.pt/almafossil/index/rcapleit.htm>, consultado em 2009.06.15.
- Silva, C.M. da (2008a). Temas de Paleontologia: Geodiversidade. Acessível online em <http://webpages.fc.ul.pt/~cmsilva/Paleotemas/Geodiversidade/Geodiver.htm>, consultado em 2009.06.15.
- Silva, C.M. da (2008b). Temas de Paleontologia: Fóssil vivo. Acessível online em <http://webpages.fc.ul.pt/~cmsilva/Paleotemas/Fossilvivo/Fossilvivo.htm>, consultado em 2009.06.15.
- Silva, C.M. da (2008c). Temas de Paleontologia: Fóssil índice. Acessível online em <http://webpages.fc.ul.pt/~cmsilva/Paleotemas/Fossilindex/Fossilindex.htm>, consultado em 2009.06.15.
- Silva, C.M. da (2008d). Darwin, a Geologia e o Paradoxo da Biodiversidade. *Al-madan*, Almada, II sér., 16, *no prelo*.
- Silva, C.M. da (2009). Fósseis ao virar da esquina: um percurso pela Paleontologia e pela Geodiversidade urbana de Lisboa. *Paleolusitana*, 1, 459-463. Disponível online em <http://paleoviva.fc.ul.pt/cmsbibliografia/cmspaleolusit01.pdf>.
- Silva, C.M. da & Cachão, M. (1998). Paleontologia Urbana: Percursos citadinos de interpretação e educação ambiental. Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa, 84, 2, H33-H35. Disponível online em <http://paleoviva.fc.ul.pt/cmsbibliografia/cms026.pdf>.

# MODELAÇÃO ANÁLOGA EM GEOLOGIA, NA SALA DE AULA: COMO SE FAZ UMA MONTANHA

E. Bolacha<sup>1,2, a</sup>, H. M. Deus<sup>1, b</sup> & P. E. Fonseca<sup>1, c</sup>

1- LabGExp – Laboratório de Geologia Experimental do Centro de Geologia da Universidade de Lisboa; 2- Escola Sec. de D. Dinis, Lisboa

a- ebolacha@netcabo.pt, b- hagmmdd@gmail.com, c- pefonseca@fc.ul.pt

## Resumo

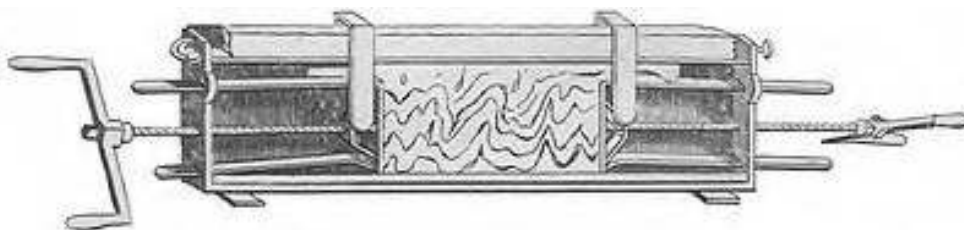
A formação de Cadeias de Montanhas – Orogénese – tem desde sempre motivado grande curiosidade. Em Geologia, os investigadores que se dedicam a esta Ciência deparam-se com problemas inerentes à procura de explicações holísticas para os fenómenos físicos que observam. Existem dois factores que são, no entanto, difíceis de superar: as escalas geográficas e temporais. Os fenómenos geológicos associados à formação de Cadeias de Montanhas ocorrem em sectores muito extensos, por vezes milhares de quilómetros (ex: Cadeia dos Himalaias, Andes, Alpes, etc.) e durante períodos de tempo que excedem muito a escala Humana (centenas de milhões de anos – M.a.).

Por estas razões, quer do ponto de vista da investigação científica, quer do Ensino (Básico, Secundário e Universitário) quer ainda para a Divulgação Científica, recorre-se à Modelação Análoga. Com as devidas ressalvas, devido às escalas (de dimensão e tempo), “recriam-se”, com materiais que possuam propriedades análogas, modelos que simulam, no laboratório ou em qualquer tipo de sala, a forma como estes fenómenos ocorrem na natureza.

## 1. Formação de montanhas e modelos análogos

A curiosidade que as montanhas sempre suscitaram levou a que, no século XIX, a sua formação se tornasse no assunto central de debate entre os geólogos da época. A observação de diversos tipos de rochas e de estruturas de deformação – falhas e dobras – e, por outro lado, a distribuição geográfica, confinada a algumas zonas do planeta, das cadeias de montanhas conhecidas e estudadas até então, levou à formulação de teorias explicativas, como a do Geossinclinal (Oldroyd, 1996).

James Hall, o fundador da Geologia experimental, foi um dos cientistas que se interessou por este tema. Nesse contexto propôs um mecanismo – uma força mecânica horizontal exercida sobre uma sequência alternada de materiais litológicos de comportamento reológico distinto, com uma extremidade fixa, sujeita a pressão vertical, para demonstrar o que observava na natureza. Depois das primeiras experiências em que utilizou materiais muito vulgares como tecidos de naturezas e cores diferentes, propôs um mecanismo mais complexo (fig. 1) para deformar leitos de argila (Hall, 1815).



**Figura 1.** Mecanismo experimental de James Hall.

Actualmente, conhecida a estrutura interna da Terra, é necessário entender a formação de montanhas no contexto do paradigma da Tectónica de Placas (Allègre, 1999; Mattauer, 1980). Apesar de o modelo físico aqui utilizado para simular a formação de montanhas aparentar alguma complexidade, ele é, simultaneamente, mais holístico e sintético que os primeiros modelos ou que as vulgares “caixas de areias”. Deste modo, permite compreender um conjunto de processos geológicos associados à formação de montanhas e, através de raciocínios causais, relacionar estruturas como falhas e dobras com o comportamento reológico dos materiais análogos e, por consequência, dos materiais geológicos reais.

Os materiais utilizados no modelo da formação dos Himalaias (Bolacha *et al.*, 2009) apresentam um comportamento análogo (semelhante a) aos materiais geológicos, em situações cujo tempo de actuação/formação se reduz a alguns minutos, deformando-se muito mais rapidamente do que os materiais que se pretende simular. Salienta-se, assim, que este modelo, para além de utilizar materiais análogos em relação à realidade natural, reduz em muitas ordens de grandeza o espaço e o tempo em que decorreram os fenómenos simulados a unidades muito reduzidas.

Para que da sua aplicação não resultem ideias erróneas, os modelos análogos devem ser sempre acompanhados de outros meios de aprendizagem, nomeadamente de saídas de campo para estudar os fenómenos e as entidades geológicas reais. Não sendo possível, como é o caso, o estudo poderá ser acompanhado de fotos ou de outros modelos (p. ex. Google Earth), até de outro tipo, para que fique assegurada a correcta relação entre as características/variáveis do modelo e as do fenómeno que está a ser simulado (Bolacha *et al.*, 2006; Gilbert & Ireton, 2003).

A aprendizagem de conteúdos e de competências através dos modelos análogos pode ocorrer em situação formal ou não formal. Se bem que o título deste trabalho pressuponha apenas a utilização de modelos análogos em sala de aula (laboratório ou não!), não podemos ignorar a crescente multiplicação de oportunidades de aprendizagem em situação não formal. Incluem-se aqui os Museus de Ciência/Centros Ciência Viva que, ao exporem modelos de fenómenos geológicos, poderão colmatar aprendizagens não efectuadas durante o percurso escolar, ou complementar as aprendizagens em curso. Em qualquer dos casos, não se deve perder de vista a situação de aprendizagem pretendida bem como os seus objectivos (Bolacha *et al.*, 2006). Enquanto num Museu de Ciência a situação de aprendizagem consiste, na maioria das vezes, numa demonstração interactiva, que possibilita a previsão do fenómeno, o debate e a eliminação de concepções erróneas (Merritts *et al.*, 2008), numa situação de aprendizagem formal torna-se possível utilizar estratégias assentes na resolução de problemas com diversos graus de abertura, em que os alunos podem propor e construir os próprios modelos, de acordo com as hipóteses formuladas. O tipo de estratégia de resolução de problemas com máximo grau de abertura, em que o professor é um simples orientador do processo de aprendizagem, é aconselhável apenas para o nível pré-universitário e universitário (Jonassen, 2000).

Em qualquer nível etário, a construção e visualização de simulações análogas em modelos físicos poderá ser benéfica não só para uma maior compreensão dos fenómenos geológicos em causa, mas também para o desenvolvimento da visão tridimensional e da orientação no espaço. Este tipo de competências, não sendo considerado habitualmente nos currículos

das disciplinas de Ciências (Black, 2005), é contudo tido em conta em testes de orientação vocacional, como indicador da capacidade e vocação dos jovens para áreas como a Engenharia, a Arquitectura e as Ciências. Não só para o desenvolvimento de capacidades científicas, mas porque é essencial em termos de sobrevivência da espécie humana, o desenvolvimento da inteligência e das capacidades espaciais –visualização espacial, percepção espacial, rotação mental de objectos - deveria ser objecto de maior atenção nas escolas (*idem*). A Geologia é uma das áreas em que estas capacidades podem, devem e são desenvolvidas (Kastens & Ishikawa, 2006), destacando-se a modelação análoga como um dos meios para efectivar esse desenvolvimento.

Em suma, o modelo análogo que se apresenta, bem como outros, já desenvolvidos ou a desenvolver, se utilizados em contexto, podem facilitar o entendimento de fenómenos geológicos que decorrem em unidades de espaço e de tempo que as limitações humanas não atingem. Caberá ao formador/professor elaborar a planificação (e acompanhar a par e passo todos os acontecimentos com explicações ajustadas à idade e nível de conhecimentos) adequada para que a situação de aprendizagem satisfaça os objectivos pretendidos, sejam eles do foro conceptual, epistemológico, ou que também persigam ambições no âmbito do desenvolvimento cognitivo e/ou psicomotor.

## 2. Referências bibliográficas

- Allègre, C. (1999). *L'Écume de la Terre*. Paris: Fayard.
- Black, A. A. (2005). Spatial Ability and Earth Science Conceptual Understanding. *Journal of Geoscience Education*, 53 (4), 402-414.
- Bolacha, E., Moita de Deus, H. A., Caranova, R., Silva, S., Costa, A. M., Vicente, J. & Fonseca, P. E. (2006). Uma Experiência na Formação de Professores: Modelação Analógica de Fenómenos Geológicos – A Geologia no Laboratório. *Geonovas*, 20, 33-56.
- Bolacha, E., Moita de Deus, H. & Fonseca, P. E. (2009). Modelação análoga: actividades práticas de Geologia em sala de aula. *Ciências Geológicas Ensino, Investigação e sua História (aceite para publicação)*.
- Gilbert, S. W. & Ireton, S. W. (2003). *Understanding Models in Earth and Space Science*. Virginia: NSTApress.
- Hall, J. (1815). On the vertical position and convolution of certain strata, and their relation with granite. *Transactions of the Royal Society*, 7, 79-108.
- Jonassen, D. H. (2000). Toward a design theory problem solving. *Educational Technology: Research and Development*, 48 (4), 63-85.
- Kastens, K. A. & Ishikawa, T. (2006). Spatial thinking in the geosciences and cognitive sciences: A cross-disciplinary look at the intersection of the two fields. In C. A. Manduca & D. W. Mogk (Eds.). *Earth and Mind: How Geologist Think and Learn about the Earth* (pp. 53-76). The Geological Society of America.
- Mattauer, M. (1980). *Les déformations des matériaux de l'écorce terrestre*. Paris: Hermann.
- Merrits, D., Walter, R. & MacKay, B. (2008). Teaching with Interactive Demonstrations. <http://serc.carleton.edu/introgeo/demonstrations/index.html> (26-06-2009).
- Oldroyd, D. (1996). *Thinking about the Earth: a History of Ideas in Geology*. London: Athlone.



# AS TECNOLOGIAS NO ENSINO DAS GEOCIÊNCIAS

Paulo Legoinha [1] & Hugo Domingos [2]

[1] Departamento de Ciências da Terra da FCTUNL e [2] Laboratório de e-Learning da FCTUNL  
(pal@fct.unl.pt; hmbd@fct.unl.pt)

## Resumo

Actualmente as tecnologias de informação e comunicação (TIC) permitem aos professores a utilização de novas ferramentas para apresentação e partilha de informação e a criação de ambientes virtuais de aprendizagem (complementares aos presenciais). Este *workshop* desdobra-se numa sessão presencial e num curso breve, *online*, com tutoria. A sessão presencial é constituída por 3 momentos: a) apresentação de conceitos fundamentais teóricos e práticos da educação *online* (*e-Learning*); b) novas fontes de informação geológica na Internet; c) criação de vídeos educativos, procurando desenvolver competências de comunicação *online* através de apresentações multimédia (com captura de ecrã, áudio e legendagem). No curso breve *online*, pretende-se desenvolver competências em actividades de ensino a distância, *b-learning* (apoio a aulas presenciais) e na dinamização de comunidades virtuais de aprendizagem, através da utilização do *Moodle* e das funcionalidades de diálogo, fórum, referendo, glossário, *wiki*, entrega de trabalho e teste.

## 1. Sessão presencial (5 de Setembro de 2009)

### 1.1. Teoria e prática da educação *online* (*e-Learning*)

O ensino *online* deve estimular a curiosidade, a colaboração, a resolução de problemas, a pesquisa e a contextualização de informação. Nem a disponibilização de informação na Internet nem a ligação para conteúdos digitais na *Web* constitui ensino *online* (Anderson *et al.*, 2008). Alguns estudos indicam que a maioria dos professores portugueses ainda não usa uma plataforma electrónica de apoio ao ensino/aprendizagem (por ex., *Moodle*) e os que o fazem não a utilizam como suporte de actividades colaborativas e interactivas (Lisbôa *et al.* 2009).

Nesta secção são abordados aspectos teórico-práticos da educação *online*, os contributos e implicações das escolas behaviorista, cognitivista e construtivista, e caracterizados os diversos níveis de interacção *online*. Apresentam-se componentes-chave que devem ser tidos em consideração num modelo de *e-Learning*. Referem-se itens e parâmetros para uma avaliação específica da aprendizagem *online* (Barreiro-Pinto e Silva, 2009) e analisam-se alguns exemplos (através de fórum, blogue, entrega de trabalho e teste).

### 1.2. Novas fontes de informação geológica na Internet

Com o desenvolvimento da *Web 2.0*, surgem novas fontes de informação e de conteúdos úteis para o ensino das geociências (não só em sítios institucionais, mas também em blogues, no YouTube, no Slideshare, etc). Há também cada vez mais informação em formato vídeo, disponibilizada pelos média. Recorrendo a um leitor/agregador de notícias e à subscrição de RSS *feeds*, os professores podem obter diariamente um manancial de informação multimédia que poderão seleccionar e partilhar com os seus alunos, no âmbito das suas actividades lectivas. Exemplificam-se algumas possibilidades recorrendo aos sítios GEOPOR (<http://metododirecto.pt/geopor>) e CIÊNCIA NA ESCOLA (<http://cne.fct.unl.pt/>).



**Figura 1.** Página principal do Geopor.

### 1.3. Produção de tutoriais multimédia (*screencasts*)

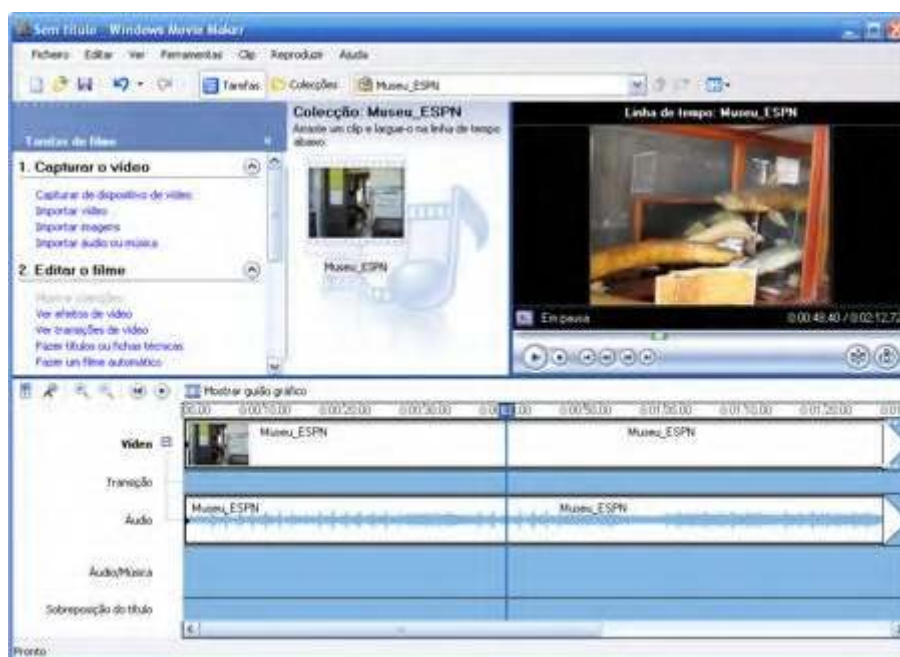
Através da utilização de duas aplicações informáticas de edição vídeo (*CamStudio* e *MovieMaker*) pretende-se motivar os professores a transmitir ideias e conceitos de uma forma simples e inovadora, desenvolvendo competências na comunicação *online*, através de multimédia.



**Figura 2.** Interface do *CamStudio*.



O *CamStudio* é um *freeware* bastante conhecido para a criação de vídeos de captura de ecrã. O *Windows MovieMaker* é um editor de ficheiros vídeo. Ambas as aplicações são de fácil aprendizagem e livres (*freeware*), o que facilita a sua utilização durante a sessão de formação.



**Figura 3.** Interface do *MovieMaker*.

Após a apresentação e introdução ao software, os professores serão convidados a criar um tutorial vídeo, capturando ecrãs dos seus computadores com o *CamStudio*. Nesta fase são dadas algumas recomendações sobre captura de ecrã, formatação de vídeo e boas práticas. Depois da captura de ecrãs, os participantes irão editar os seus vídeos no *MovieMaker* onde também poderão adicionar texto, introduzir faixas áudio e exportar a versão final do seu tutorial vídeo. Por fim, os participantes irão aprender como integrar os vídeos no *Moodle*.

## **2. Curso breve *online* sobre *Moodle* (5 a 19 de Setembro de 2009)**

O *workshop* possibilita a frequência de um curso *online* de formação na utilização do *Moodle* (Legoinha & Fernandes, 2008) que pretende introduzir este sistema de gestão do ensino/aprendizagem aos interessados em usá-lo como plataforma de apoio às aulas presenciais, em actividades de ensino a distância (*e-Learning*), e/ou de *portfolio*.

A formação decorre durante 2 semanas, podendo os formandos gerir o seu tempo de aprendizagem e de realização das tarefas, através do acesso à plataforma de aprendizagem e do apoio dos tutores em modo síncrono e/ou assíncrono.

A aprendizagem baseia-se em estudo e realização de tarefas *online* (com apoio e supervisão dos tutores). São abordados aspectos da gestão de páginas *Moodle*, como a inscrição de participantes e docentes, a cópia de segurança e restauro de página, ou a consulta de relatórios de actividade da página. No que diz respeito às funcionalidades, o essencial da formação será em torno da utilização do fórum, referendo, glossário, *wiki*, entrega de trabalho, teste, e base de dados. É disponibilizada uma área de trabalho individual onde cada formando

pode explorar as diversas ferramentas e funcionalidades e criar o seu próprio ambiente pessoal de ensino/aprendizagem.

Os sistemas *online* de gestão da aprendizagem e de trabalho colaborativo são hoje reconhecidos como indispensáveis para a melhoria do processo de ensino/aprendizagem. Possibilitam maior interação entre professores e alunos, reforçando a capacidade de intervenção dos professores e aumentando os recursos educativos postos à disposição dos alunos.

### 3. Referências bibliográficas

- Anderson, T. (2008). *The Theory and Practice of Online Learning*, second edition. AU press, Athabasca University: <http://www.aupress.ca/index.php/books/120146>.
- Barreiro-Pinto, I. A. & Silva, M. (2008). Avaliação da aprendizagem na educação online: relato de pesquisa. In *Educação, Formação & Tecnologias*, 1 (2), 32-39. Disponível no URL: <http://eft.educom.pt>
- Legoinha, P. & Fernandes, J. (2008). Moodle sobre Moodle: caso de estudo sobre um curso breve com tutoria online. *CaldasMoodle'08: Comunidades de Aprendizagem Moodle* (Associação Portuguesa de Telemática Educativa). *Actas*, pp. 163-173. [http://dspace.fct.unl.pt/bitstream/10362/1644/1/moodle\\_sobre\\_moodle.pdf](http://dspace.fct.unl.pt/bitstream/10362/1644/1/moodle_sobre_moodle.pdf)
- Lisbôa, E. S., Jesus, A. G., Varela, A. M., Teixeira, G. H. & Coutinho, C. P. (2009). LMS em Contexto Escolar: estudo sobre o uso da Moodle pelos docentes de duas escolas do Norte de Portugal. In *Educação, Formação & Tecnologias*, 2 (1), 44-57. Disponível no URL: <http://eft.educom.pt>

# **“AFINAL, QUEM FEZ REBENTAR OS LIMITES DO TEMPO? REFLEXÕES À VOLTA DO PAPEL DA HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS NO ENSINO DA GEOLOGIA”**

**Teresa Salomé Alves da Mota**  
**Museu de Ciência - Universidade de Lisboa**  
**(salome.teresa@gmail.com)**

## **Resumo**

Este workshop possui um carácter teórico-prático e tem como objectivo que os formandos conheçam e reflectam sobre a reconstrução histórica das teorias relativas à idade da Terra. Sendo esta uma temática que consta dos programas de Ciências da Terra e da Vida do ensino secundário, constata-se que a mesma é abordada em muitos manuais de forma redutora e/ou mesmo errónea. Além disso, é de prever que os professores detenham algumas ideias prévias sobre o tema que não correspondem à reconstrução histórica defendida na actualidade. Desta forma, pretende-se que, através da análise de fontes secundárias — essencialmente textos e imagens, os formandos tomem consciência das suas ideias sobre a problemática relativa à idade da Terra e as confrontem com as ideias defendidas, actualmente, pela História da Geologia, reflectindo, ao mesmo tempo, sobre o papel que a História das Ciências desempenha, presentemente, no ensino da Geologia ao nível do secundário.

## **1. “Afinal, quem fez rebentar os limites do tempo?”**

### **1.1. Reconstrução histórica de ideias sobre a origem e idade da Terra**

A problemática relativa à origem e idade da Terra ocupou um lugar de destaque entre a comunidade filosófica e “científica” do século XVIII, tendo constituído um campo privilegiado de discussão de diferentes concepções sobre a ordem natural e permitido a emergência de diversas teorias no que respeita à origem de uma Terra submetida a leis naturais. É neste contexto que são de salientar as ideias e os trabalhos de pensadores e filósofos naturais como Benoît de Maillet (1656-1738), o conde de Buffon (1707-1788) e James Hutton (1726-1797).

Entretanto, ao longo dos séculos XVII e XVIII, tinha sido possível obter respostas satisfatórias para alguns dos problemas relativos à origem e ao significado das formas fósseis. A partir de meados do século XVIII, a ideia de que a Terra, no passado, teria sofrido transformações que levaram a que a mesma fosse diferente no presente e tivesse, assim, uma história, ganhou terreno entre os naturalistas. Entre o final do século XVIII e as primeiras décadas do século XIX, uma nova ciência, a Geologia, veio sugerir, através da prática de trabalho de campo, que a formação de muitas das rochas existentes na superfície terrestre só teria sido possível admitindo uma escala de tempo muito longa. Estas e outras circunstâncias contribuíram para a ideia de que a Terra seria bastante mais antiga do que, até então, diversos estudos cronológicos admitiam.

No entanto, foi preciso esperar pelos primeiros anos do século XIX para que Georges Cuvier (1769-1832), um naturalista especializado em anatomia comparada, avançasse com um conceito claro de extinção, permitindo, ao mesmo tempo, a aceitação da ideia de que, no passado, o mundo vivo teria sido bastante diferente do actual. Ao proceder às primeiras reconstituições de criaturas desconhecidas a partir das colecções de ossos fósseis existentes nos museus de História Natural europeus e dos espécimes encontrados na bacia de Paris, Cuvier defendeu que não era possível encontrar, actualmente, esses seres vivos à face da Terra, uma vez que uma série de acontecimentos violentos, ou catástrofes, teriam provocado o seu desaparecimento. Os trabalhos de Cuvier e os outros naturalistas da época vieram dar

força à ideia de que a sucessão de “mundos desaparecidos” entretanto descobertos apenas seria possível admitindo uma escala de tempo extremamente alargada, ao longo da qual podia ser construída uma história global da Terra.

A descoberta dessa extraordinária sucessão de conjuntos distintos de fauna e flora há muito desaparecidos levou a que, nas primeiras décadas do século XIX, raros fossem os naturalistas que aceitavam textualmente a narrativa bíblica do Génesis. No entanto, alguns intelectuais do clérigo tentaram reconciliar as mais recentes descobertas relativas à história da Terra com o discurso bíblico, que entendiam como um texto poético, destinado a fazer passar a mensagem religiosa, e não como um texto científico. Esta corrente de pensamento, denominada “teologia natural”, tinha raízes nos séculos XVII e XVIII e teve uma particular expressão na Grã-Bretanha e noutros países protestantes da Europa central e do norte, contribuindo substancialmente para o conhecimento da Natureza. Os adeptos da teologia natural chegaram mesmo a estabelecer uma correspondência entre o dilúvio e a teoria das catástrofes defendida por Cuvier, que gozava, então, de grande aceitação na Grã-Bretanha.

Na terceira década do século XIX, este cenário sofreu algumas alterações, com a publicação, em 1930, do primeiro volume do livro *Principles of Geology*, da autoria de Charles Lyell (1797-1875). Lyell considerava que a Geologia não tinha progredido da forma desejada, atribuindo as responsabilidades da situação quer à teologia natural, quer à teoria das catástrofes. Considerava, assim, necessário, fornecer à Geologia novas bases, que ele considerava mais sólidas, traduzidas na defesa de um uniformitarismo radical, na utilização do princípio do actualismo e numa retórica empirista. A maior parte das ideias defendidas por Lyell foram bem aceites pela comunidade geológica, tendo contribuído, na Grã-Bretanha, para o gradual abandono da teologia natural. O uniformitarismo extremo de Lyell foi o aspecto de mais difícil aceitação, tendo a maior parte dos geólogos optado por versões menos radicais desse sistema e continuado a apoiar ideias catastrofistas ou, em alternativa, optado pela conjugação de aspectos dos dois sistemas.

### 1.2. O papel da História das Ciências no ensino da Geologia no ensino secundário

De acordo com uma perspectiva inteiramente pessoal e inevitavelmente subjectiva, defenderei durante o workshop que o papel da História das Ciências no ensino da Geologia durante o secundário — assim como no de outras disciplinas de carácter científico — deverá ser residual. Esta posição assenta na leitura de e reflexão sobre alguns trabalhos relativos à utilização da História das Ciências no ensino das ciências, da minha anterior formação e experiência enquanto professora do ensino secundário e a da actual enquanto historiadora da ciência. Enuncio, em seguida, alguns dos factores que, no actual contexto do ensino secundário em Portugal, me parecem mais significativos no que respeita à posição adoptada:

- a) A maior parte dos professores de ciências desconhece quase por completo a Epistemologia e a História das Ciências. Como em qualquer outra área disciplinar, para ensinar algo é preciso, em primeiro lugar, saber;
- b) Dado o desconhecimento e a ausência de formação por parte dos professores do ensino secundário relativamente à Epistemologia e História das Ciências, afigura-se como provável o ensino de uma pseudo-História das Ciências, com especial relevância para

a ausência de consciencialização e reflexão relativamente às opções epistemológicas e metodológicas adoptadas;

- c) As dificuldades intrínsecas que a própria História das Ciências apresenta para a maior parte dos alunos, uma vez que esta apresenta aspectos epistemológicos e históricos que a actual instrução dos alunos do ensino secundário não contempla;
- d) A ambiciosa e improvável ideia de que ao “aprender” História das Ciências os alunos percebam como se faz ciência e contextualizem socialmente a sua prática;
- e) A retórica de defesa de uma visão da ciência que, embora não seja evidente, se encontra subjacente ao enunciado anterior e que não é compatível com a visão da prática científica que a mais recente investigação em História das Ciências tem vindo a construir;
- f) A ideia, com origem na leitura deficiente das teorias de Piaget, que considero errónea, de que o ensino de História das Ciências permite aos alunos “reconstituir” ideias científicas do passado, uma vez que, defende-se, algumas das ideias prévias dos alunos corresponderiam a ideias científicas que, entretanto, foram abandonadas.

Encontrando-se presente nos *curricula* de ciências do ensino secundário, e, em particular, no de Geologia, a História das Ciências deve ser abordada de forma a permitir que os alunos:

- a) compreendam que as ideias e práticas científicas mudam ao longo da História;
- b) entendam que um determinado contexto histórico específico influencia as ideias e práticas científicas adoptadas;
- c) conheçam episódios e personagens relevantes da História das Ciências;
- d) reconheçam que as realizações resultantes do conhecimento e prática científicos podem e devem ser discutidas por cidadãos informados no seio da sociedade civil.

## 2. Referências bibliográficas

- Bizzo, N. M. V. (1992). História da Ciência e ensino: onde terminam os paralelos possíveis? *Em Aberto*, 55, 28-35.
- Guntau, M. (1996). The natural history of the earth. In N. Jardine, J. Secord, & E. C. Spary (Eds.). *Cultures of Natural History* (pp. 211-229). Cambridge: Cambridge University Press.
- Guntau, M. (1989). Concepts of law and time in the history of geology. *Earth Sciences History*, 2 (8), 106-109.
- Hallam, A. (1983). Catastrophists and uniformitarians. In A. Hallam. *Great Geological Controversies* (pp. 29-62). New York: Oxford University Press.
- Laudan, R. (1987). *From Mineralogy to Geology: the Foundations of a Science, 1650-1830*. Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Lewis, C. L. E. & Knell, S. J. (Eds.). (2001). *The Age of the Earth: from 4004 BC to AD 2002*. London: The Geological Society.
- Matthews, M. R. (1995). História, filosofia e ensino das ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense do Ensino da Física*, 3 (12), 164-214.
- Milanovsky, E. E. (1989). Concepts of law and time in the history of geology. *Earth Sciences History*, 2 (8), 111-115.

- Oldroyd, D. (1996). *Thinking about the Earth, a History of Ideas in Geology*. London: Athlone.
- Rudwick, M. (1976). *The Meaning of Fossils*. Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Rudwick, M. (1992). *Scenes from Deep Time*. Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Rudwick, M. (1997). *Georges Cuvier, Fossils and Bones, and Geological Catastrophes*. Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Rudwick, M. (2005). *Bursting the Limits of Time*. Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Schneer, C. J. (1989). Concepts of law and time in the history of geology. *Earth Sciences History*, 2 (8), 103-105.
- Sequeira, M. & Leite, L. (1988). A História da Ciência no ensino - aprendizagem das ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, 2, 29-40.

# **AS GEOCIÊNCIAS NOS PRIMEIROS DOIS CICLOS DO ENSINO BÁSICO: ENQUADRAMENTO E PROPOSTAS DE TRABALHO**

**António Almeida**

**Centro Interdisciplinar de Estudos Educacionais - ESELx**

**(aalmeida@eselx.ipl.pt)**

## **Resumo**

Este workshop parte da verificação dos principais temas de geociências presentes nos programas dos 1º e 2º Ciclos. Procura depois clarificar o que se entende por actividade prática, dando destaque a dois tipos principais que se revelam particularmente importantes no contexto deste campo do saber: as actividades práticas do tipo experimental e as actividades práticas ilustrativas. Procura também discutir as suas potencialidades, sugerindo formas de ultrapassar alguns dos aspectos negativos principalmente presentes nas actividades práticas ilustrativas de fenómenos naturais, por as mesmas poderem potenciar concepções alternativas nos alunos. Discute-se ainda o enquadramento das diferentes actividades práticas no seio das áreas curriculares disciplinares e não disciplinares.

## **1. As geociências nos 1º e 2º Ciclos de escolaridade**

As actividades práticas podem ser implementadas tendo em vista diferentes finalidades programáticas. A finalidade mais imediata, e que nos parece constituir a principal razão mobilizadora da sua consecução por parte dos professores, é a de que as mesmas facilitam a compreensão de determinados conceitos científicos e, até, conduzem ao seu aprofundamento. Constituem, por isso, momentos indispensáveis para a aprendizagem efectiva dos alunos. Quando argumentamos desta forma, estamos claramente ao nível da dimensão da literacia científica, aprender ciência.

Os ganhos de natureza cognitiva, indissociáveis das tarefas concretas que os alunos executam, advêm do seu envolvimento em diferentes acções manipulativas, da discussão que as mesmas provocam e do efeito motivacional que se gera nestes contextos de aprendizagem. Ora, é a natureza destas manipulações e discussões associadas às actividades práticas que permite igualmente a promoção de atitudes características do empreendimento científico como o rigor, a ponderação, a responsabilidade, o pensamento crítico e o gosto pela pesquisa, entre outras, e ainda fomenta destrezas do domínio psicomotor inerentes à sua execução. Processos científicos como o observar, medir, prever, formular hipóteses, inferir ou tirar conclusões, podem ser, e são-no, frequentemente trabalhados. Estamos neste domínio numa outra dimensão fundamental da literacia científica, fazer ciência.

Todavia, apesar de o valor educativo destas actividades, se bem estruturadas, ser inegável, a sua concretização e discussão exigem tempo, um tempo que frequentemente escasseia em programas demasiado extensos. E face à sempre presente preocupação dos professores em cumprir a leccionação de todos os conteúdos do programa, a situação mais frequente é, como começámos por salientar, a selecção de actividades práticas que potenciam a primeira dimensão – aprender ciência. Por isso, parece-nos rara a selecção de actividades especialmente concebidas para o desenvolvimento de determinados processos científicos, se as mesmas não permitirem ir ao encontro da aprendizagem de conteúdos programáticos de uma forma directa

Fruto deste enfoque que consideramos dominante, e antes de definirmos os tipos de actividades práticas susceptíveis de serem implementadas no domínio das geociências,

quisemos verificar a visibilidade actual destas ciências no contexto dos programas dos 1º e 2º ciclos. Face à organização curricular em áreas curriculares disciplinares e não disciplinares, começamos pelas áreas curriculares disciplinares para cada um dos ciclos considerados, uma vez que estas contemplam os conteúdos de leccionação obrigatória. Procedemos assim ao levantamento dos temas programáticos que se inserem claramente no âmbito das geociências, não ignorando que outros temas também do programa, não contemplados nos quadros seguintes, podem igualmente mobilizar conceitos deste campo do saber.

No 1º Ciclo de escolaridade é na área de Estudo do Meio que alguns conteúdos de geociências surgem contemplados. O quadro 1 indica o enquadramento programático desses conteúdos, tal como surgem em Organização Curricular e Programas (2004).

**Quadro 1.** Temas de geociências no programa do 1º Ciclo.

Bloco temático	Ano	Ponto	Principais objectivos
3- À Descoberta do Ambiente Natural	3º	Aspectos físicos do meio local	-Recolher amostras de diferentes tipos de solo -Recolher amostras de rochas existentes no ambiente próximo -Distinguir formas de relevo existentes na região
	4º		-Compreender que a água das águas se infiltra no solo, dando origem a lençóis de água
5- À Descoberta dos Materiais e Objectos	3º	Manusear objectos em situações concretas (lupa, bússola, entre outros)	-Conhecer e aplicar alguns cuidados na sua utilização e conservação
6-À Descoberta das Inter-Relações entre a Natureza e a Sociedade	3º	A Exploração Mineral do Meio Local	-Fazer o levantamento de locais de exploração mineral (mina, pedreiras, areeiros...) -Fazer o levantamento dos principais produtos minerais da região -Reconhecer a exploração mineral como fonte de matérias-primas -Identificar alguns perigos para o homem e para o ambiente decorrentes da exploração mineral

No que se refere ao 2º Ciclo de escolaridade, e recorrendo ao Documento da Direcção Geral dos Ensinos Básicos e Secundário (1991), os conteúdos de geociências centram-se na unidade referida no quadro 2. Neste documento surgem igualmente listadas algumas sugestões metodológicas que transcrevemos.



**Quadro 2.** Temas de geociências no programa do 2º Ciclo.

Conteúdos	Ano	Principais objectivos
As Rochas, o Solo e suas propriedades -Rochas frequentes na região – comparação de algumas das suas propriedades -Rochas, minerais e actividades humanas -Alteração das rochas pelos agentes atmosféricos e biológicos – génese dos solos -Alguns tipos de solos e suas propriedades -Conservação dos solos – novas tecnologias e suas consequências	5º	-Compreender que a alteração das rochas contribui para a formação do solo -Relacionar as propriedades do solo de uma dada região com a natureza dos seus constituintes -Reconhecer que a utilidade de alguns materiais é consequência do avanço tecnológico
Observações / Sugestões Metodológicas		
-Informar-se da existência de pedreiras ou de minas na região -Identificação de rochas frequentes na região com o apoio de chaves dicotómicas -Relacionar os materiais usados na construção de casa ou em indústrias artesanais com o material litológico mais frequente na região. -Verificar, experimentalmente, o grau de permeabilidade de algumas amostras de solos. -Debates de temas relacionados com o impacto da intervenção do Homem sobre o Ambiente.		

A análise comparativa das tabelas permite verificar a existência de temas semelhantes em ambos os programas, com destaque para o estudo das rochas, solos, exploração mineira e utilização dos materiais litológicos como matérias-primas. Verificamos ainda um certo enfoque ambiental na forma como estes temas devem ser abordados, se atendermos ao teor dos principais objectivos a eles associados e dos subtemas que devem ser objecto de leccionação. Bons exemplos são a identificação do impacto da exploração mineira para o 1º Ciclo e as técnicas para a conservação de solos para o 2º Ciclo.

A existência de temas idênticos em diferentes ciclos constitui uma característica do actual currículo para o Ensino Básico, que apresenta uma estrutura em espiral, procurando conduzir ao aprofundamento continuado de temas já trabalhados em ciclos anteriores. Na verdade, esta boa intenção nem sempre é depois potenciada: o desconhecimento dos professores dos programas dos ciclos que não leccionam faz com que as suas opções metodológicas não promovam com demasiada frequência as articulações desejadas; e encerra também outros aspectos negativos, como a sensação criada junto dos alunos de que estão sempre a abordar os mesmos assuntos.

Face aos temas comuns a ambos os ciclos já indicados, é frequente que as actividades práticas seleccionadas pelos professores procurem promover a compreensão destes mesmos temas. Pensamos que essa opção constitui mesmo uma prioridade, embora não corresponda certamente a uma abordagem exclusiva. Desde logo, o currículo dos alunos para ambos os ciclos contempla igualmente áreas curriculares não disciplinares. Em Área de Projecto, outros temas diversos podem mobilizar conceitos das geociências; também em Formação Cívica a abordagem comportamental dos alunos perante geomonumentos ou o tratamento de temas no

âmbito da protecção civil (sismos, actividade vulcânica, incêndios) podem constituir também uma oportunidade para uma idêntica mobilização. Assim, no seio das áreas curriculares não disciplinares podem ser planeadas e implementadas actividades práticas que não têm de se relacionar estritamente com os temas já citados das áreas curriculares disciplinares.

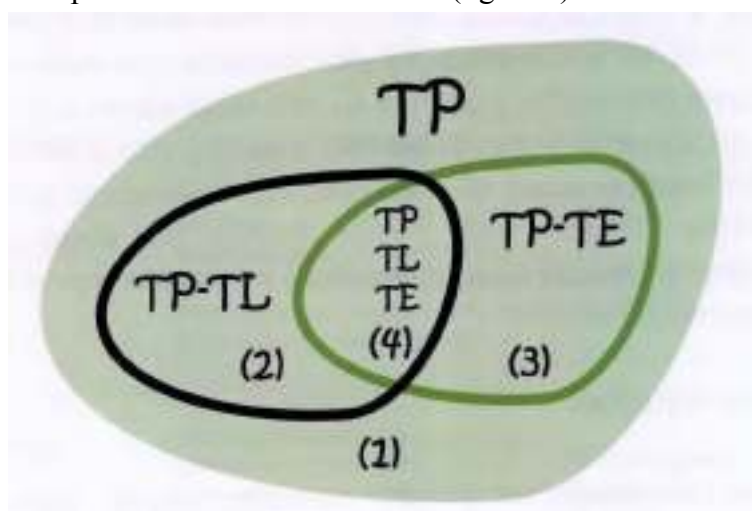
## 2. O que são actividades práticas?

Na abordagem por nós até agora efectuada, ainda não explicitámos o que se entende por actividade prática. Dir-se-ia que o conceito se encontra interiorizado em todos os professores e que dispensa clarificação. Não é esse o entendimento de Martins *et al.* (2006) que, na brochura que enquadra a filosofia do ainda recente programa para as ciências experimentais para o 1º Ciclo, consideram fundamental clarificar a diferença entre trabalho prático, laboratorial e experimental. A distinção é feita na seguinte base:

-**Trabalho prático ou actividade prática** aplica-se a todas as situações do processo de ensino/aprendizagem em que os alunos estão activamente envolvidos numa tarefa. No contexto das geociências podemos exemplificar com uma tarefa de identificação de rochas, utilizando uma chave dicotómica.

-**Trabalho laboratorial** aplica-se a todas as situações do processo de ensino/aprendizagem que decorrem num laboratório ou em sala similar, utilizando equipamentos característicos deste espaço. No contexto das geociências podemos exemplificar com uma tarefa de observação de lâminas de rocha ao microscópio petrográfico ou com a determinação da granulometria de solos através de um sistema de peneiras de precisão.

-**Trabalho experimental** aplica-se a todas as situações do processo de ensino/aprendizagem em que existe manipulação de variáveis, com a obrigatória identificação de uma variável independente, uma dependente e uma ou mais variáveis controladas. No contexto das geociências podemos exemplificar com a determinação da permeabilidade de diferentes solos. Martins *et al.* (2006) apresentam ainda o esquema seguinte que explicita a relação existente entre trabalho prático, laboratorial e experimental, e evidenciam a possibilidade de algumas actividades poderem possuir características mistas (figura 1).



**Figura 1.** Relação existente entre trabalho prático (tp), laboratorial (tl) e experimental (te).

Da análise do esquema (e das próprias definições apresentadas) conclui-se que o termo trabalho prático ou actividade prática é mais abrangente. Ou seja, a condição de um envolvimento activo por parte dos alunos está (ou deverá estar) sempre presente nas tarefas laboratoriais e experimentais.

Importa ainda salientar que esta forma de classificar as diferentes actividades práticas nem sempre é isenta de dificuldades. Por exemplo, determinadas actividades podem ser executadas com o uso de materiais/reagentes de laboratório ou tendo como recurso materiais reutilizáveis ou reagentes alternativos (garrafas vazias de plástico a substituir gobelets, facas de cozinha em vez de bisturis ou vinagre como substituto de ácido clorídrico). Desta substituição parece decorrer que determinadas actividades práticas perdem o estatuto de trabalho de laboratório, embora o fim da actividade seja o mesmo, independentemente do tipo de material utilizado.

Mas a classificação de Martins *et al.* (2006) vale essencialmente pelo seu contributo para uma maior clarificação do tipo de actividades seleccionadas pelos professores, e não tanto pelas fragilidades que também encerra e que, aliás, são inerentes a qualquer tipologia classificativa. Importa ainda assim não deixar de estar consciente para algumas das dificuldades ou limitações desta classificação, uma vez que a mesma se tem vindo a generalizar junto dos professores.

### **3. Que actividades práticas privilegiar no ensino das geociências?**

Uma análise do programa das ciências experimentais para o 1º Ciclo permite-nos constatar que temas das geociências se encontram totalmente ignorados. O enfoque é claramente nas Ciências Físico-Químicas (por exemplo, flutuação em líquidos, dissolução em líquidos, lâmpadas, pilhas e circuitos) e na Biologia (sementes, germinação e crescimento).

Consideramos tratar-se de uma opção criticável por não se ter tentado contemplar temas que fossem pertença das principais Ciências da Natureza, nas quais se encontra claramente a Geologia. Uma efectiva educação científica, ainda para mais num ciclo generalista como o 1º Ciclo, assim o imporia. Basta, por exemplo, contrapor com as propostas de Lind (2005) de exploração de conteúdos científicos na infância, para verificarmos como as geociências não foram esquecidas.

Esta omissão obriga-nos a procurar razões que claramente são de natureza especulativa, até porque a ausência de temas do campo das geociências no referido programa parece-nos decorrer simplesmente da formação científica da equipa que o coordenou e que optou por privilegiar assuntos que eram do seu domínio científico.

Esta desconfiança decorre aliás da inconsistência de outras possíveis razões que hipoteticamente poderiam ser avançadas. A mais imediata talvez seja a sempre referida complexidade de boa parte dos conceitos das geociências. Todavia não nos parece que os assuntos da físico-química que acabaram por ser contemplados se pautem por uma menor complexidade, pelo que o argumento perde fundamento. Mas como salientam Almeida & Amador (2006), embora as diferentes ciências da natureza tenham uma componente de laboratório e de campo, as geociências encontram-se mais centradas no trabalho de campo.

Este facto poderia justificar um menor peso das geociências neste programa, mas nunca a sua omissão, ou, mais importante, justificaria uma abordagem mais diversificada de um ponto de vista metodológico, que não ficasse circunscrita a uma ideia de ciência confinada ao laboratório.

O reconhecimento explícito de que as geociências possuem características diferentes das de outras ciências afigura-se-nos como algo positivo e que conduz a uma percepção mais diversificada das características do empreendimento científico junto das crianças. Estas diferenças podem facilmente ser verificadas quando analisamos muitas das actividades práticas que constam em manuais escolares e publicações especializadas. Muitas delas têm como finalidade reproduzir fenómenos que ocorrem na natureza, utilizando para tal, e não raramente, meios muito pouco convencionais. Basta, a título de exemplo, analisar as propostas de VanCleave (1993) no âmbito das ciências da terra para verificar a veracidade desta nossa afirmação. Assim, a estratificação das rochas pode ser simulada com um pão de forma fatiado, intercalado com geleia e manteiga de amendoim, ou um géiser simulado através de um sopro por um tubo de borracha, colocado por baixo de um funil invertido dentro de uma tina com água, mas com a ponta emersa. Igual caminho seguem as propostas de Lind (2005) para as geociências. Aqui, o fabrico de biscoitos é utilizado para identificar similaridades com os processos de formação das rochas. Sugere-se que as crianças observem um biscoito e comparem os ingredientes iniciais da receita com o produto final. E sugerem-se ainda perguntas de exploração do tipo: “Consegues identificar todos os ingredientes?”; “Que ingredientes vês?”; “O que terá acontecido a alguns dos ingredientes iniciais?”

Servem todas estas perguntas para conduzir depois ao processo de formação das rochas. Para tal afirma-se que as rochas também possuem ingredientes e que a sua mistura e sujeição à pressão e temperatura (à semelhança dos processos culinários) conduzem à sua formação.

Assim, muitas das actividades práticas no âmbito das geociências recorrem a meios analógicos para reproduzir processos geológicos lentos, impossíveis, quase sempre, de serem presenciados ou observados de forma directa. Outras vezes, procuram, por meios idênticos, substituir por actividades de sala de aula processos que poderiam ser observados numa saída de campo, com muito mais eficácia e pertinência. Contudo, os gastos inerentes às deslocações, ou mesmo a impossibilidade de observar determinados fenómenos na maior parte das zonas do globo, como é o caso de vulcões em actividade ou de manifestações de vulcanismo secundário, justifica, ainda assim, muitas destas actividades.

O principal problema destas actividades analógicas decorre do perigo de poderem fomentar concepções alternativas nos alunos, fruto precisamente dos meios muito pouco convencionais que utilizam. Para além disso, algumas dessas actividades propõem modelos, muito simplificados, de outros modelos aceites pela comunidade científica. É o caso de uma actividade prática que procura reproduzir em minutos o processo de diferenciação interna do planeta Terra em crosta, manto e núcleo, e que demorou milhões de anos a acontecer. Ora, importa lembrar que a própria divisão do planeta nas zonas mencionadas corresponde a um modelo que procura aproximar-se da realidade, mas que não deixa, apesar de tudo, de constituir um modelo.

As abordagens em geociências nos primeiros dois ciclos de escolaridade enfrentam igualmente o problema das abordagens científicas simplificadas que, não raras vezes,

colocam em risco o rigor científico. Este problema não é aliás exclusivo das abordagens em geociências, colocando-se com igual pertinência no processo de ensino/aprendizagem das diferentes ciências da natureza.

Face às principais ideias por nós até agora apresentadas, este workshop irá então apresentar aos professores fundamentalmente dois tipos de actividades práticas susceptíveis de serem dinamizadas no contexto das geociências:

**-Actividades práticas do tipo experimental**, nas quais é possível trabalhar os diferentes tipos de variáveis anteriormente citados. Neste âmbito salientam-se as já conhecidas, mas nem sempre implementadas, experiências com solos.

**-Actividades práticas ilustrativas**, associadas à compreensão de fenómenos naturais como os processos de diferenciação interna do planeta, o vulcanismo e a formação de rochas. Neste âmbito impõe-se uma discussão acerca das potencialidades e perigos destas actividades, discutindo-se formas que minimizem o fomento de concepções alternativas nos alunos.

Para ambos os tipos de actividades seleccionadas não será esquecida a dicotomia simplificação/perda de rigor científico. E a ideia de Fourez (citada por Pereira, 2002), que defende que em determinados contextos devemos utilizar os termos cientificamente correctos, sem nos preocuparmos excessivamente com o entendimento que geram nos alunos em termos do seu significado científico, será igualmente debatida.

#### 4. Referências bibliográficas

- Almeida, A. & Amador, F. (2006). A Geologia e a Promoção de uma Perspectiva Antropocêntrica da Natureza. Uma associação inevitável? *Actas do Simpósio Ibérico do Ensino da Geologia* (pp. 449-454). Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Direcção Geral dos Ensinos Básico e Secundário (1991). *Programa das Ciências da Natureza*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Lind, K. (2005). *Exploring Science in Early Childhood. A Developmental Approach* (4ª ed.). Nova Iorque: Thomson Delmar Learning.
- Martins, I., Veiga, M. L., Teixeira, F., Tenreiro-Vieira, C., Vieira, R., Rodrigues, A e Couceiro, F. (2006). *Educação em Ciências e Ensino Experimental. Formação de Professores*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Ministério da Educação (2004). *Organização Curricular e Programas Ensino Básico – 1º Ciclo*. (4ª ed.). Lisboa: Ministério da Educação.
- Pereira, A. (2002). *Educação para a Ciência*. Lisboa: Universidade Aberta.
- VanCleave, J. (1993). *Ciências da Terra para Jovens*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.



# EXPLORAÇÃO MINEIRA: UMA PERSPECTIVA SUSTENTÁVEL

Paulo Almeida [1] & Orlando Figueiredo [2]

[1] e [2] Centro de Investigação em Educação

Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

(pauloalmeida1969@gmail.com; of1967@mac.com)

## Resumo

A presente proposta de “aula prática” (*workshop*) pretende envolver os participantes na análise e discussão de uma situação problemática que resulta da exploração de recursos geológicos, nomeadamente, de recursos minerais. Os programas da disciplina de Geologia defendem o desenvolvimento de competências nos alunos, que promovam o seu poder de intervenção quando estão em causa situações que, envolvendo conhecimentos científicos, dizem respeito a todos, atendendo ao contexto em que surgem. Assim, apresenta-se um estudo de caso que envolve as minas de S. Domingos, apresentando-se um dilema actual que se coloca quanto à preservação do ambiente local.

Aos participantes será sugerida, a partir do visionamento de um documentário, a discussão da problemática apresentada no mesmo e a construção de uma actividade de sala de aula que contribua para alcançar os objectivos didácticos previstos nos currículos de Geologia e desenvolver nos alunos as competências conceptuais, procedimentais e atitudinais apresentadas nesses mesmos documentos.

## 1. Minas de S. Domingos: um estudo de caso

Os actuais programas de Geologia, do Ensino Secundário, salientam o papel que o Homem tem tido nas alterações ambientais. Em particular, no 11º ano, o último tópico do programa prevê a abordagem da “exploração sustentada dos recursos geológicos” (Ministério da Educação, 2003) e o do 12º ano contempla como um dos objectivos, também, da última unidade, que os alunos “devem reconhecer o papel do Homem na exploração de minerais e de materiais de construção e ornamentais, numa perspectiva de mudança ambiental, e de contaminação de ambientes” (Ministério da Educação, 2004, p. 41). Nesta sequência, considera-se fundamental levar os alunos a desenvolver perspectivas de pensamento crítico, através da abordagem de situações-problema que, contextualizando as temáticas previstas no programa, contribuam para uma análise de impactes ambientais que possam ser, nomeadamente, provocados pela exploração de recursos minerais.

As minas de São Domingos situam-se no concelho de Mértola a escassos quilómetros da fronteira espanhola. Os vestígios da sua exploração são anteriores à ocupação romana da Península Ibérica. Fazendo parte da Faixa Piritosa Ibérica, é no século XIX, no ano de 1858, que se inicia a exploração das suas pirites. Os direitos de exploração da mina são concedidos, em 1874, à empresa La Sabina - [www.lasabina-sa.com](http://www.lasabina-sa.com). Mas é a empresa inglesa Manson & Barry que aluga os direitos de prospecção à La Sabina e procede à exploração deste recurso por mais de 100 anos. A exploração é feita a céu aberto até uma profundidade de 120 m e em galerias até aos 400 m de profundidade. Em 1966, por alegado esgotamento do minério, a exploração é abandonada, a maquinaria útil é levada pela empresa e o local é deixado ao abandono. A aldeia que se havia desenvolvido em torno da exploração da mina entra em declínio e é abandonada pelos habitantes que partem em busca de melhores condições de vida. Em resposta a necessidades técnicas de purificação do minério são abertas várias lagoas de sedimentação. Estas lagoas, associadas ao espaço mineiro feito a céu aberto formam, actualmente, diversos lagos de águas acidificadas pelo ácido sulfúrico originando uma solução

com valores de pH inferiores a 3.

A falência da Mason & Barry leva a La Sabina adquirir todos os bens da empresa incluindo as casas dos mineiros e retira-se abandonando o espaço. Os problemas agravam-se e às questões sociais somam-se agora os dilemas ambientais. Uma lagoa, a céu aberto, de águas ácidas com elevadas concentrações de metais pesados que alimenta a ribeira de São Domingos e os perigos que advêm de eventuais acidentes com humanos incautos são, entre muitos outros, dois problemas com que a La Sabina e as autoridades tem que se confrontar (Matos & Batista, s/d).

Porém, num aparente deserto de vida, onde apenas alguns microrganismos extremófilos sobrevivem, surge uma nova espécie vegetal - a *Erica andevalensis* - um pequeno arbusto endémico que se adaptou às condições ambientais adversas do novo ecossistema. Esta espécie tem sido alvo de diferentes estudos e, numa simbiose com um microfungo, parece ser capaz de resistir aos valores baixos de pH, bem como de reter os metais pesados dissolvidos na água. Está neste momento a ser estudada a viabilidade de usar esta espécie no tratamento e purificação de águas com características idênticas às águas da Mina de São Domingos.

Já neste século, o governo português em colaboração com a La Sabina e com a Câmara Municipal de Mértola, desenvolveram um projecto de recuperação turística do espaço. Está planeada a construção de um museu arqueológico industrial, a recuperação algumas das infra-estruturas e edifícios e a promoção do local como um sítio turístico de interesse cultural. Porém, colocam-se algumas questões em relação ao tipo de recuperação ambiental a fazer. Será desejável proceder a uma eventual recuperação do local, escoando as lagoas de águas ácidas e, consequentemente, destruindo o ecossistema de uma nova espécie? Ou, será preferível acautelar, através de uma monitorização contínua, os efeitos ambientais que este novo nicho ecológico tem na sua vizinhança, mantendo-o e deixando-o evoluir ao seu próprio ritmo? Estes são apenas alguns dos vários cenários que podemos traçar para as Minas de São Domingos. Tendo por pano de fundo a situação descrita, sugere-se aos participantes do Curso, a elaboração de uma tarefa - para uma eventual implementação numa disciplina científica, como a Geologia, ou numa área curricular não disciplinar, como a Área de Projecto - que envolva os alunos em processos discussão e construção de cenários futuros, de *role-play* e de tomada de decisão. Tendo por base uma questão/controvérsia sócio-científica (Reis, 2006) balizada pelas mundividades dos alunos e suportada por dados e teorias científicas, pretende-se promover a abordagem contextualizada e problematizada dos conteúdos disciplinares estabelecendo relações CTSA perceptíveis e pertinentes.

Mais do que promover o uso da Mina de São Domingos como um estudo de caso que deva ser generalizado a todas as escolas, pretende-se usar esta situação como uma instância que permita o envolvimento dos participantes num momento de reflexão e construção colaborativa de materiais lectivos. Materiais estes capazes, não só capazes de reificar e de dar significado aos saberes científicos, mas de realçar o papel do sujeito subjectivo e da importância das suas mundividades na tomada de decisões fundamentadas que envolvem o recurso a ferramentas epistémicas da ciência. Promover a análise de uma situação problemática, envolvendo os participantes na sua discussão e na reflexão sobre a importância de abordar este tipo de questões, em sala de aula, de forma a promover a literacia científica dos alunos, ou melhor,



de uma ecoliteracia (Orr, 2004) que contribua para tomadas de decisão que favoreçam o desenvolvimento sustentável do planeta.

## **2. Referências Bibliográficas**

- La Sabina (s/d). *La Sabina – sociedade mineira e turística, S.A.* [<http://www.lasabina-sa.com>]
- Ministério da Educação (2003). *Programa de Biologia e Geologia – 11º ou 12º anos*. Lisboa: Departamento do Ensino Secundário.
- Ministério da Educação (2003). *Programa de Geologia – 12º ano*. Lisboa: Departamento do Ensino Secundário.
- Matos, S. & Batista, C. (s/d). *Mina de São Domingos: A identidade de uma povoação mineira*. [<http://www.minasaodomingos.comyr.com>]
- Orr, D. (2004). *Earth in mind: On education, environment, and the human prospect*. Washigton: Island Press.
- Reis, P. (2006). Uma iniciativa de desenvolvimento profissional para a discussão de controvérsias sócio científicas em sala de aula. *Revista Interações*, 2(4), 64-107.
- Turnau, K., Henriques, F. S., Anielska, T., Renker, C., & Buscot, F. (2007). Metal uptake and detoxification mechanisms in *Erica andevalensis* growing in a pyrite mine tailing. *Environmental and Experimental Botany*, 61(2), 117-123.





