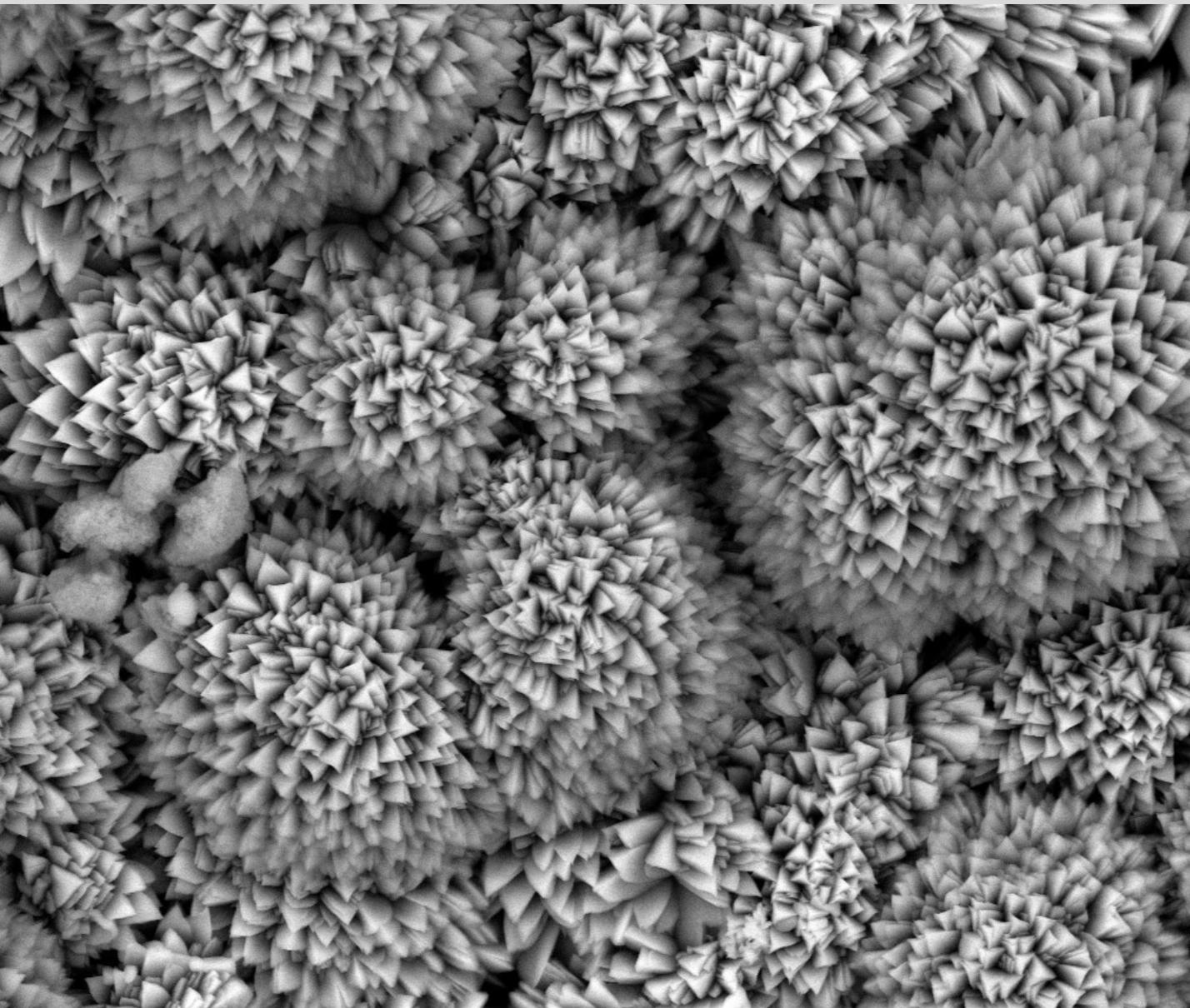


Ciências Geológicas: Ensino, Investigação e sua História

Volume I

Geologia Clássica



Publicação Comemorativa do "ANO INTERNACIONAL DO PLANETA TERRA"

Associação Portuguesa de Geólogos
Sociedade Geológica de Portugal

J.M. Cotelo Neiva, António Ribeiro, Mendes Victor, Fernando Noronha, Magalhães Ramalho

DESAFIOS E OPORTUNIDADES FUTURAS NO ENSINO DA GEOLOGIA

CHALLENGES AND FUTURE OPPORTUNITIES IN GEOLOGY TRAINING

A Mateus¹

RESUMO

A Geologia consubstancia vias preciosas de ensino/aprendizagem que estimulam e alargam a curiosidade sobre o Mundo, permitindo a construção de raciocínios coerentes acerca dos constituintes básicos, organização e dinâmica dos sistemas naturais. As sucessivas etapas do ensino pré-universitário da Geologia, se devidamente articuladas, representam ainda um importante vector na consolidação da literacia científica devida a qualquer cidadão. Para o efeito, importa cumprir diversos desafios: (i) redefinindo finalidades e objectivos específicos para os vários níveis de escolaridade; (ii) consagrando o desenvolvimento do trabalho de campo e de outras actividades práticas e experimentais; (iii) seleccionando e articulando conceitos e conteúdos nucleares (currículo básico), dando corpo a programas abertos passíveis de uma gestão flexível; (iv) consolidando devidamente o conhecimento disciplinar antes de abordar temas e actividades de carácter inter- e transdisciplinar.

Nas últimas décadas, e para além dos domínios específicos de aplicação do conhecimento geológico, a profissão de geólogo tem granjeado influência progressiva em áreas de interface científico-tecnológica com evidente relevância económica e social. Tal justifica a necessidade de manter ofertas de formação universitária em Geologia, contribuindo para a afirmação do papel fulcral deste domínio do Saber no século XXI. Estas formações, podendo contemplar programas curriculares com arranjos muito diversificados, partilham componentes essenciais de instrução que conferem a cultura própria de um geólogo. Adicionalmente devem consagrar cursos dedicados a temas suscitados pelas mudanças de paradigma decorrentes da evolução recente do Conhecimento e seu impacte na Sociedade.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino pré-universitário da Geologia; Graduações em Geologia; Formação de geólogos.

ABSTRACT

Geology offers relevant ways of education/training that stimulate and enlarge the curiosity about the World, allowing the development of coherent reasoning on the fundamental components, organization and dynamic of natural systems. If properly arranged, the consecutive levels of compulsory and high-school Geology education represent also an important input to the scientific literacy strengthening due to any individual. Accordingly, several challenges must be fulfilled through the: (i) re-definition of the general aims and the specific goals for each learning level; (ii) development of field-based work and other pertinent practical and experimental activities; (iii) selection and proper connection of nuclear concepts and contents (core curriculum), designing open programmes that encourage a flexible management; and (iv) suitable reinforcement of disciplinary knowledge before move towards issues and activities of inter- and trans-disciplinary character.

In the last decades, and besides specific domains of the geological knowledge application, geologists became gradually more decisive in scientific-technological interface areas with evident economic and social relevance. This justifies the need of keeping on with graduations in Geology, improving the role of this science in the 21st century. These degree programmes, although may comprise a large diversity of courses combination, share essential training purposes and methods, providing the cultural identity of a geologist. Additionally, they should include also courses focused in issues related to paradigm changes triggered by recent advances of Knowledge and their impact in Society..

KEY-WORDS: Compulsory and high-school Geology education; Geology degree programmes; Geologists training

¹ Dep. Geologia e CeGUL, Fac. Ciências, Univ. Lisboa, Ed C6, Piso 4, Campo Grande, 1749-016 Lisboa. amateus@fc.ul.pt

1. INTRODUÇÃO

A ideia de que a *educação em Ciência e o ensino/aprendizagem das Ciências representam um dos pilares indispensáveis no aperfeiçoamento da Civilização Humana* está hoje definitivamente consolidada, mormente nas sociedades contemporâneas mais desenvolvidas onde, paradoxalmente, o desinteresse das novas gerações pelo conhecimento científico-tecnológico aparenta ser maior. A consolidação desta ideia radica não apenas na certeza de que as aplicações de base tecnológica constituem um dos motores incontornáveis do progresso (sentido, fruído e antecipado), mas sobretudo na percepção de que a educação/formação em Ciência contribui decisivamente para o desenvolvimento de competências imprescindíveis ao exercício pleno da cidadania (e.g. Bruner, 1996; Canavaro, 1999; Cachapuz, 2004, 2007; Cachapuz *et al.*, 2002; Caraça, 2007; Veiga, 2007). Neste quadro de referência, é difícil explicar o paradoxo mencionado, muito embora seja possível inventariar diversas razões subjacentes a cada uma das múltiplas dimensões associadas à crise de vocações e à correspondente deficiente literacia científica das sociedades (e.g. Tedesco, 1999; Mateus, 2000b; Pedrosa e Mateus, 2001; Gonçalves, 2002; Sjøberg, 2002). Como denominador comum a estas preocupações surge a questão basilar: *Porque se deve ensinar e aprender Ciência?* Para muitos a resposta pode parecer óbvia, mas se assim fosse certamente que a mesma seria facilmente compreendida e devidamente interiorizada pela generalidade dos cidadãos, potenciando o seu espírito crítico e gosto pelo Saber. Na realidade, a resposta não é óbvia nem simples, encerrando vertentes de grande complexidade que têm alimentado acesas discussões (e de onde têm emergido decisões polémicas), designadamente em torno do papel actualmente desempenhado pela Escola, assim como dos critérios subjacentes à selecção de conteúdos e organização dos *currícula* e dos métodos mais adequados para a sua abordagem. Entende-se, assim, a pertinência de insistir sobre o quanto subsiste por fazer no sentido de atingir os princípios enunciados pela UNESCO em 1999 sobre a *Educação para o Século XXI* ou, em 2005, a propósito da *Década das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável*. Justifica-se também deste modo a necessidade de avaliar o que tem impedido cumprir os desígnios da Cimeira de Lisboa, em 2000, nomeadamente no que respeita à necessidade de promover aprendizagens contínuas significativas como factor decisivo na reafirmação da cultura e preparação científica dos cidadãos europeus, concorrendo para a construção de um *espaço económico dinâmico e competitivo baseado no Conhecimento*.

A problemática sucintamente referida no parágrafo anterior é transversal a todos os domínios científicos, apesar das diversas repercussões se fazerem sentir de forma (e intensidade) distinta em cada um deles, muitas vezes dependendo de valorizações específicas (estruturais e conjunturais) ou do sucesso relativo das políticas educativas fomentadas em cada país. A Geologia, configurando um domínio consolidado e bem individualizado do Saber, não foge, portanto, à regra. Consequentemente, a manutenção do ensino da Geologia e o seu êxito futuro dependerá, em boa medida, do que hoje for feito para elucidar a Sociedade sobre: (i) *Qual o contributo real da Geologia no desenvolvimento cognitivo?* (ii) *Qual a utilidade do conhecimento geocientífico na edificação de um corpo de saberes necessário ao desempenho de uma cidadania esclarecida e responsável?* (iii) *Qual a importância do conhecimento geocientífico na busca de caminhos para a sustentabilidade da Civilização Humana?*; e (iv) *Qual a necessidade (presente e futura) de geólogos num quadro de mudança económico-social a diferentes ritmos mas que, conceptualmente, tem como desiderato maior a construção de uma Sociedade do Conhecimento?* Em suma, retornando à questão inicial com as devidas adaptações, *Porque se deve, hoje e no futuro, ensinar e aprender Geologia?*

Qualquer pesquisa bibliográfica, mesmo conduzida de forma não sistemática, revela que sobre a questão enunciada tem recaído grande atenção nas últimas décadas, sendo vários os estudos que a abordam, directa ou indirectamente, na perspectiva epistemológica (e.g. Frodeman, 1992, 2001; Praia, 1996; Baker, 1999; Bezzi, 1999; Praia *et al.*, 2001; Lucht e Pachauri, 2003; Freitas, 2007), metodológica e didáctica (e.g. Orion, 1998, 2001; Praia *et al.*, 2002), e curricular/programática (e.g. Zabalza, 1998; Amador, 2000; Thompson, 2001). O produto de todas estas investigações e reflexões tem também conduzido a uma multiplicidade de caminhos cuja vitalidade se espelha em numerosos debates, publicações específicas e encontros a nível internacional; a título de exemplo, vejam-se os cerca de 150 resumos que, repartidos por 12 sessões temáticas (IEA-05; IEE-01 a -09; IEH-01 e -03), foram apresentados no 33º Congresso Internacional de Geologia (Oslo, 2008). Em Portugal, toda esta temática tem sido acompanhada, discutida e, em vários aspectos, aprofundada em sucessivos eventos, dando origem a um acervo documental digno de apreço que seria difícil listar de forma exaustiva nesta breve contribuição. Todavia, mais do que elaborar um ponto de situação sobre o estado da arte em Portugal, o presente conjunto de reflexões procura dar corpo a uma análise pessoal sobre os *desafios e oportunidades futuras no ensino da Geologia* a nível elementar (pré-universitário) e profissionalizante / especializado (universitário), tentando responder às questões acima explicitadas. Acresce esclarecer que, tal como em artigos anteriores (Mateus, 2000a, b,

2001, 2006), estas reflexões não têm por base qualquer tipo de investigação metódica no âmbito da Epistemologia, da História e Filosofia das Ciências, das Ciências da Educação ou da Didáctica da Geologia. Elas são tão só o produto de cogitações realizadas por alguém que acredita firmemente nas valências da Geologia na formação dos “cidadãos globais do séc. XXI” e na instrução de perfis profissionais competentes, capazes de responder aos desafios emergentes e reagir de forma proactiva às imprevisíveis mutações do mercado de trabalho futuro.

2. EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA E O ENSINO/APRENDIZAGEM DA GEOLOGIA

A promoção de uma Educação formal esclarecida ao longo de toda a escolaridade pré-universitária não pode deixar de contemplar um amplo espaço curricular dedicado ao ensino/aprendizagem das Ciências. Para além do valor inerente ao conhecimento científico, esta asserção fundamenta-se também na convicção de que aprender Ciência: (i) estimula a atitude crítica e interrogativa; (ii) excita a criatividade e desperta a satisfação da descoberta através da compreensão; (iii) incita a observação metódica, a medição ordenada, a experimentação; (iv) encoraja o debate de ideias, permitindo relativizar as incertezas e fazendo das dúvidas novos desafios; e (v) fomenta a razão através do raciocínio lógico-dedutivo, bem como o pensamento abstracto. Aceder ao Conhecimento representa, pois, um passo crucial na aquisição das habilitações fundamentais para o desempenho da cidadania, combatendo a ignorância e os medos (e.g. Caraça, 2001; Coutinho, 2007). Adicionalmente, potencia o despertar vocações para a Ciência (e Tecnologia), já hoje uma necessidade incontornável, sem o que não é possível progredir na construção da Sociedade do Conhecimento. Neste contexto cabe perguntar *qual a contribuição do ensino/aprendizagem da Geologia para tais desígnios?*

Em termos gerais, o ensino/aprendizagem da Geologia estimula e engrandece a curiosidade sobre o mundo físico em que vivemos. Aprender os conceitos e conteúdos nucleares da Geologia e compreender como os mesmos se articulam e permitem explicar grande parte dos processos geológicos, representa, de facto, um auxiliar precioso na destruição de visões antropocêntricas do Mundo e/ou profecias de carácter diverso, permitindo ao vulgar cidadão ajuizar por si próprio muitos dos fenómenos naturais e relativizar os seus efeitos. Estudar Geologia, mesmo a nível elementar, revela-se também decisivo na compreensão de que a singularidade do Planeta por nós habitado é fruto de numerosas interacções que se estabeleceram, estabelecem e continuarão a estabelecer entre o Sol, a Terra e a Vida, abrindo caminho à racionalização da enorme teia de conexões que sustenta o Mundo Natural. Estudar Geologia promove, igualmente, o desenvolvimento de competências e de sensibilidades cruciais ao entendimento da *geodiversidade* e, bem assim, à efectiva necessidade em preservar o *património geológico* (Carta de Digne, 1991), algo que se enquadra harmoniosamente na perspectiva geral de valores em torno do respeito pela biodiversidade e pela diversidade cultural dos povos. O cumprimento destas proposições obriga, porém, a cuidados acrescidos na selecção e articulação dos conceitos e conteúdos nucleares a ensinar/aprender durante a escolaridade pré-universitária, fazendo uso de abordagens que respeitem os métodos e a dialéctica própria da Geologia (e.g. Chamberlin, 1890; Schumm, 1991; Mateus, 2001; Bolacha, 2008). E este aspecto não pode ser, de forma alguma, negligenciado, porquanto o mesmo se afigura ainda crítico no despertar de vocações para a prossecução de estudos em Geologia ou domínios científicos afins.

A formação base devida a um geólogo dota-o de uma cultura própria e de um treino específico que o distingue qualquer outro perfil profissional, habilitando-o na busca de soluções para muitos dos problemas têm dominado as agendas social, política, económica e científica do mundo contemporâneo (e.g. Seddon, 1996; Andrews, 1998; Rabb e Frodeman, 2001). Efectivamente, o âmbito da Geologia é intrinsecamente vasto, agregando diversas áreas de especialização que se debruçam sobre aspectos particulares do conhecimento geológico e sua aplicação, revelando-se essenciais a um número crescente de actividades e de perfis profissionais cada vez mais relevantes do ponto de vista social e económico. Esta dinâmica não é alheia ao facto de, pelo menos desde os anos sessenta do século XX, ter havido a preocupação em adicionar aos conhecimentos geológicos nucleares (estruturantes) outros que resultam de domínios emergentes do Conhecimento e da sua aplicação, ainda em plena evolução, quer na Geologia, quer em domínios científicos de interface. Deste modo, tal como é salientado nas conclusões de numerosos estudos sobre a (r)evolução recente de várias especialidades afectas à Geologia (e.g. Einaudi, 1994; Pollard, 2002; Duffy e Keaton, 2006; Hochella, 2007), os desafios actuais e futuros consubstanciam contextos de acção inéditos que, renovando o pensamento geológico, convidam ao estabelecimento de abordagens multi-, inter- e transdisciplinares inovadoras. Neste contexto, afiguram-se animadores os quadros epistemológicos sucessivamente revisitados desde os finais dos anos oitenta (Frodeman, 1998; Baker, 1999 e referências citadas) que, entre outros aspectos, atribuem ao raciocínio geológico (...) "*the the best model of*

the type of reasoning necessary for confronting the type of problems society will face in the 21st century."(...), fazendo da Geologia (...) "*the bridge discipline between sciences, humanities, and public policy.*"(...). A concretização destes propósitos obriga, porém, a uma mudança de paradigma que, enquadrando há vários anos numerosos projectos de investigação e também muitos dos desenhos curriculares de formação universitária, tarda em influenciar o modo como diversas entidades empregadoras e os não especialistas (incluindo decisores políticos) descortinam a vitalidade e a mais-valia das Geociências, como um todo, e da Geologia, em particular.

3. O ENSINO PRÉ-UNIVERSITÁRIO DA GEOLOGIA

O valor educativo das Geociências/Geologia tem sido discutido por vários autores (e.g. Orion, 1998; Mateus, 2001 e referências citadas), sendo consensual a ideia de que as incursões realizadas durante a escolaridade pré-universitária são determinantes no desenvolvimento da curiosidade sobre o Mundo e na inteligibilidade dos fenómenos naturais. Em Portugal, este valor educativo é, desde há muito, reconhecido e, não obstante as sucessivas reformas e revisões dos Ensinos Básico e Secundário, os espaços curriculares atribuídos à Geologia foram sempre expressivos, contrariamente ao que acontece em muitos outros países (e.g. Amador, 2000; Bolacha e Mateus, 2007a). Mantendo-se, como se espera, as opções de política educativa no que respeita à gestão global das matrizes curriculares oficiais, os desafios e oportunidades futuras do ensino pré-universitário da Geologia em Portugal devem ser tais que permitam posicionar a pertinência e importância do que se ensina/aprende em Geologia a par do estabelecido para as áreas de Biologia, Física e Química. Neste quadro de referência, os principais desafios consistem então na: (i) redefinição das finalidades e objectivos específicos para cada nível de escolaridade; (ii) consagração de abordagens de ensino/aprendizagem consentâneas com o desejado desenvolvimento do trabalho de campo e de outras componentes práticas e experimentais da aprendizagem; (iii) selecção e articulação dos conceitos e conteúdos nucleares a abordar nos sucessivos níveis de escolaridade, promovendo encadeamentos coerentes de temas e de actividades progressivamente mais complexas e abrangentes; e (iv) consolidação das valências próprias da Geologia antes de desenvolver temas e actividades de carácter inter- e transdisciplinar. Cumprindo com sucesso estes desafios, consolida-se a oportunidade de contribuir para a estruturação gradual do raciocínio que facultará a compreensão das implicações e aplicações do conhecimento geocientífico. Adicionalmente, consubstanciam-se caminhos adequados à promoção da cultura científica alargada que todo o cidadão deve ter no sentido de *olhar o Mundo como um todo*, permitindo-lhe intervir criticamente na sua transformação. Daqui se depreende a importância de introduzir e monitorizar todas as medidas que, convergentemente, conduzam às mudanças requeridas pela observância dos desafios mencionados, os quais se passam a explicitar (e justificar) de forma necessariamente sucinta.

É sabido que a qualidade do ensino/aprendizagem não co-varia com quantidade de informação transmitida (geralmente medida em termos da extensão curricular ou da sua grande especificidade), particularmente se as abordagens seleccionadas dificultarem o amadurecimento gradual das noções base e a estruturação do pensamento, impedindo que a informação se transforme em conhecimento permanente (e.g. Tedesco, 1999). No caso concreto do ensino/aprendizagem da Geologia em Portugal, preconiza-se a definição de um conjunto abrangente de finalidades que sirvam todo o ciclo pré-universitário, orientando a organização da estrutura curricular segundo patamares de complexidade crescente, eliminando repetições desnecessárias e optimizando a articulação entre os Ensinos Básico e Secundário. Estas finalidades devem permitir a definição de objectivos específicos para cada nível de escolaridade (que não podem ignorar os propósitos das restantes disciplinas) e conferir uma identidade própria ao ciclo pré-universitário. Assim, e não obstante ser possível enunciar de forma diferenciada as várias finalidades do ensino/aprendizagem pré-universitária da Geologia, será difícil não contemplar os aspectos seguintes (Mateus, 2001; Bolacha e Mateus, 2007b): (i) tomar consciência da *singularidade do Planeta Terra* no contexto do Sistema Solar, através das suas características fundamentais, e compreender as causas que a sustentam; (ii) perceber que o *Planeta Terra corresponde a um megassistema aberto* cuja *actividade contínua* gera variadíssimos produtos e proporciona numerosos eco-serviços; (iii) entender que o estudo do Planeta Terra pode ser realizado com vantagem acrescida através de numerosos sistemas que apresentam constituição (*composição*), organização (*arquitectura*) e dinâmica (*interacção*) próprias, mas que interactuam a diferentes escalas de tempo e espaço, consubstanciando uma *interdependência que se afigura crítica à manutenção de balanços auto-organizados* (e *auto-regulados*) entre a astenosfera, litosfera, hidrosfera, atmosfera e biosfera; (iv) reconhecer que a *caracterização dos sistemas naturais se fundamenta na complementaridade entre os conhecimentos geológicos intemporais e os historicamente*

orientados, possibilitando solucionar de forma coerente as questões levantadas no âmbito da dinâmica dos processos geológicos e da geohistória; e (v) desenvolver competências cruciais ao entendimento da *geodiversidade*, compreendendo o seu papel na (v.i) *manutenção dos ecossistemas* e respectivas capacidades em suportar diferentes formas de Vida e (v.ii) *sustentação da Civilização Humana*, providenciando água e diversas matérias-primas (metálicas, não-metálicas e energéticas), bem como a prevenção do risco face a diferentes perigosidades naturais. Nesta base, várias sugestões podem ser realizadas para os objectivos específicos a atingir em cada etapa do ciclo de ensino/aprendizagem pré-universitária; propostas para os 10º, 11º e 12º anos de escolaridade constam em Bolacha e Mateus (2007b).

A promoção de um ensino/aprendizagem significativa e de qualidade exige preocupação acrescida com as abordagens empreendidas em contexto escolar (Novak, 1997; Santos, 2002). Este não é o espaço apropriado para discutir os diferentes paradigmas que, em seu torno, se têm construído ao longo do tempo. Sublinha-se, contudo, a convicção de que se devem abraçar abordagens diversificadas (escolhidas em função do nível etário dos alunos, dos conteúdos e conceitos a trabalhar, das condições logísticas existentes na Escola, *etc.*) que, complementando-se, respeitem a especificidade metodológica de cada domínio do Saber e os princípios inerentes à construção do conhecimento. No caso da Geologia, tal implica, necessariamente, a realização de actividades práticas diversas, sem negligenciar a devida contextualização teórica (*e.g.* Cachapuz *et al.*, 1999; Mateus, 2000; Praia *et al.*, 2001; Gil-Pérez *et al.*, 2002; Cachapuz *et al.*, 2002; Bolacha *et al.*, 2006; Gautier, 2006). Adquirem, então, especial significado (Bolacha e Mateus, 2007b): (i) os *trabalhos de campo* que possibilitam a descrição e análise de entidades geológicas de referência ou que possam ser usadas como tal por força do seu valor educativo; (ii) os *trabalhos experimentais de natureza verificativa ou demonstrativa* que proporcionem a compreensão de princípios científicos fundamentais e contribuam para a aquisição de metodologias próprias na pesquisa, obtenção e registo de dados, e sua análise subsequente; e (iii) os *trabalhos experimentais e de campo subjacentes a uma pesquisa orientada* que permitam desenvolver capacidades de pensamento crítico e criativo, aplicando o que se aprendeu e equacionando o que se pretende ainda aprender. Todas estas tipologias de trabalho prático implicam, necessariamente, uma planificação cuidada por parte dos professores no sentido de potenciar as suas interações com os alunos e entre estes, num crescendo de complexidade e de autonomia.

A selecção e articulação dos conteúdos e conceitos a abordar devem atender às finalidades (e objectivos específicos) pré-definidas para o ciclo de ensino/aprendizagem pré-universitária, servindo dois propósitos essenciais: (i) compreensão de princípios científicos nucleares (porque estruturantes do raciocínio); e (ii) desenvolvimento de competências necessárias à resolução de problemas correntes (*e.g.* Mayer, 2001; Mitcham *et al.*, 1001; Ranky e Ruzek, 2006). Defende-se, por isso, a gestão flexível de programas de ensino abertos; *i.e.* programas que identifiquem sem ambiguidade o conjunto verdadeiramente fundamental de conteúdos e conceitos a ensinar/aprender (com carácter obrigatório), apresentando sugestões de caminhos alternativos para desenvolvimentos subsequentes em função das características de cada Escola e preocupações da respectiva comunidade educativa. No que à Geologia diz respeito (*e.g.* Mateus 2000a,b, 2001; Bolacha e Mateus, 2007b), os conteúdos e conceitos a privilegiar deverão possibilitar o aperfeiçoamento de raciocínios e de desenvolvimentos práticos conducentes à: (i) percepção das características fundamentais dos constituintes básicos das entidades geológicas e entendimento da inter-relação existente entre as diferentes escalas de espaço e de tempo envolvidas nos fenómenos geológicos, abarcando diversos processos biogeoquímicos e biogeoquímicos; (ii) compreensão das articulações fundamentais entre os vários sistemas que, equacionados sob a forma de fluxos, sustentam o conceito de ciclo petrogenético, hidrológico, biogeoquímico, tectónico, *etc.*; (iii) análise de relações de interdependência crítica entre variáveis diversas (Spiro *et al.* 1991); e (iv) resolução de problemas com graus diferenciados de estruturação e aplicação corrente, fazendo uso da informação pertinente e das metodologias mais adequadas à sua aquisição e processamento (Jonassen, 1999).

A valorização das actividades práticas atrás referidas, partindo de situações-problema edificantes, tem como principal vantagem a concretização de projecções de carácter inter- e transdisciplinar (envolvendo, ou não, trabalho prático) quer do que se sabe, quer do que se procura saber (*e.g.* Mateus, 2000a, b, 2001; Praia *et al.*, 2002; Cachapuz *et al.*, 2002; Pedrosa e Mateus, 2001). Significa isto que a resolução consciente e crítica de questões ou situações-problema de maior complexidade apenas pode ser solicitada em etapas avançadas do processo de ensino/aprendizagem; por outras palavras, a construção (sempre difícil) da inter- e transdisciplinaridade (Pombo, 2006) deve fundamentar-se nos saberes e metodologias disciplinares previamente consolidadas. O não respeito por este princípio fundamental potencia leituras superficiais (não raras vezes inconsequentes), amputando deveras os enriquecimentos que potencialmente se podem (e devem) criar através das abordagens transversais. Isto não significa que se deva menosprezar as

explorações subjacentes aos paradigmas CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente) ou DS (Desenvolvimento Sustentável) tal como defendido por muitos autores (*e.g.* Luffiego Garcia e Rubadán e Vergana, 2000; Cachapuz *et al.*, 2002; Mckeown e Hopkins, 2002; Freitas, 2007). Denota, pelo contrário, a consciência que tais explorações devem ser conduzidas com especial cuidado e somente após a devida compreensão do que sustenta as interações e interdependências que caracterizam as complexas e multifacetadas relações entre o Homem (sua arte e engenho, e organização social, económica e política) e o Mundo Natural (que, perspectivado como complementar ao sistema antropogénico, toma a designação Ambiente). Por exemplo, o recurso aos sistemas terrestres representados na região envolvente da Escola como forma de mostrar/avaliar a relevância de muitos conceitos chave em Geologia na caracterização global de um local conhecido por todos os intervenientes, representa uma mais valia educativa incontestável; se, após a devida compreensão dos sistemas estudados, forem introduzidas questões de âmbito sócio-económico(-político, de carácter histórico, em particular) é possível fomentar novas problematizações, potencialmente geradoras de actividades que mobilizam conhecimento consolidado em outras disciplinas e suscitam perspectivas complementares sobre os problemas levantados e os dados eventualmente coligidos a seu propósito.

4. O ENSINO UNIVERSITÁRIO DA GEOLOGIA E A FORMAÇÃO DE GEÓLOGOS

A oportunidade para que o papel da Geologia se afirme como “central no século XXI” e, naturalmente, para que as funções dos geólogos se reforcem nas equipas pluridisciplinares capazes de responder às grandes questões do presente e do futuro, obriga a mudanças de paradigma suscitadas por evoluções recentes no âmbito do Conhecimento e seu impacte na Sociedade (*e.g.* Bak, 1996; Steffen *et al.*, 2003; Turcotte e Schubert, 2005). Com efeito, o desenvolvimento científico-tecnológico das últimas décadas tem permitido reavaliar muitos dos parâmetros previamente medidos e aceder a domínios do Planeta antes inacessíveis, existindo, como nunca, variadíssimos métodos de análise e de tratamento de séries de dados temporais ou intemporais. A par desta (r)evolução, a visão sistémica do Planeta adquiriu renovado vigor e parte significativa das preocupações investigativas voltaram-se para a vulnerabilidade e complexidade dos sistemas naturais. Tal comportamento não é, contudo, alheio à leitura recente e ao peso relativo alcançado por alguns valores sócio-políticos, económicos e culturais na Sociedade. De facto, pretendendo avaliar, monitorizar e mitigar os efeitos da actividade humana em diversos sistemas e reservatórios naturais, a Sociedade deverá, antes de mais, aprender a valorizar o conhecimento geocientífico, pois só assim estará em condições de apreciar conscientemente a variabilidade dos constituintes fundamentais do Planeta, bem como a diversidade da sua organização e pujança da sua dinâmica.

Os novos quadros de problematização enriquecem sobremaneira a compreensão detalhada dos sistemas terrestres a diferentes escalas de tempo e espaço (*e.g.* Engelhardt e Zimmermann, 1988; Ernst, 2000). Oferecem também a possibilidade de equacionar com naturalidade a evolução de cada sistema em função dos fluxos de massa e de energia que, em cada momento, transcrevem os delicados balanços estabelecidos com o ambiente. Facilitam, ainda, abordagens de reconhecida relevância às interações entre vários sistemas sob a forma de *ciclos*, contemplando a análise integrada dos processos biogeofísicos e biogeoquímicos que concorrem para a sua manutenção e evolução. Consolidam, definitivamente, a Tectónica de Placas como uma *teoria global* que, não só unifica o conhecimento geológico adquirido, como também proporciona a edificação de um notável modelo lógico sobre a geodinâmica. E acrescentam valor ao contributo da Geologia para o avanço científico-tecnológico da Humanidade. Não retiram, portanto, qualquer relevância aos domínios que, tradicionalmente, detinham maior significado económico-social; antes pelo contrário: o conhecimento geocientífico continua a revelar-se imprescindível ao provimento das necessidades materiais e energéticas sentidas pela Civilização Humana, sendo incontornável o seu papel na gestão sustentável dos diferentes geo-recursos, assim como na avaliação de muitos dos problemas que se colocam em torno das grandes obras de engenharia e do ordenamento do território. Justifica-se, assim, a necessidade e o interesse em manter ofertas de formação universitária em Geologia; *mas que formação?*

A resposta à questão reside, uma vez mais, na adequação às finalidades identificadas como cruciais. Preconiza-se, tal como em Mateus *et al.* (2006), que a formação universitária em Geologia deve firmar-se num ensino de base sólido e eclético e ser orientada no sentido de: (i) *habilitar ao exercício qualificado e versátil da profissão de geólogo* em diferentes domínios de actividade (da investigação científica às diversas aplicações em várias fileiras industriais e em problemas ambientais); (ii) *permitir enfrentar construtivamente as novas exigências do mercado*, melhorando sucessivamente o desempenho profissional; e (iii) *constituir pré-*

requisito suficientemente sólido para a obtenção de aprendizagens complementares requeridas por perfis profissionais afins e/ou mais exigentes nas qualificações especializadas. No espaço europeu e tendo em conta o Processo de Bolonha, tal significa ainda cuidados acrescidos com a *mobilidade, transparência e fiabilidade* dos programas de formação e respectiva avaliação/acreditação, assegurando a *mobilidade* dos vários intervenientes e acautelando os desígnios da *empregabilidade e competitividade*, preparando jovens geólogos com as competências requeridas pela necessária adaptação às mudanças imponderáveis do futuro.

Atingir plenamente as finalidades enunciadas no parágrafo anterior não se revela tarefa fácil, até porque existem numerosas formas de construir e articular os planos curriculares dos sucessivos ciclos de formação universitária (licenciatura, mestrado e doutoramento, no caso português – e.g. *Report of the Geology Subject Area Group: general characteristics of a “European Core Curriculum” in Earth Sciences*, Ryan *et al.*, 2002). Como denominador comum, porém, destaca-se uma vez mais a necessidade de privilegiar abordagens de ensino /aprendizagem consonantes com as metodologias empregues na criação de conhecimento geocientífico. Em Geologia, o estudante não só tem de aprender, compreender e aplicar dados factuais, como também deve utilizar parte substancial do seu tempo de estudo em actividades práticas de campo e em contexto laboratorial, as quais se revelam imprescindíveis ao desenvolvimento de muitas das competências exigidas pelo exercício da profissão de geólogo. Adicionalmente, há cada vez mais consenso sobre a necessidade de inscrever, desde o 1º ciclo, espaços curriculares dedicados ao desenvolvimento integrado de actividades que permitam contribuir para a resolução de problemas em contexto de investigação ou de âmbito profissionalizante (e.g. Mateus *et al.*, 2006; Hochella, 2007). Se devidamente estruturadas, diferentes ofertas de formação universitária partilharão componentes nucleares de treino (fundamentais a qualquer área de especialização em Geologia), diferenciando-se nas estratégias adoptadas quanto à instrução de matriz mais profissionalizante e/ou de ensino pós-graduado, em sintonia com as especificações do seu corpo docente e as características da região onde a Escola se insere (respeitando, designadamente, os perfis de formação pré-universitária e as solicitações do mercado de trabalho).

Portugal tem longa tradição na formação de profissionais qualificados em diferentes ramos das Geociências e na produção de conhecimento geocientífico, aplicando-o com sucesso quer na resolução de numerosas questões, quer na fundamentação de teses originais que têm contribuído para rasgar domínios emergentes da investigação e, em alguns casos, gerado novas janelas de oportunidade para certas actividades económicas. A Geologia tem acompanhado esta evolução, liderando-a em muitos períodos para um conjunto relativamente alargado de áreas da especialidade. Vicissitudes diversas, porém, especialmente sentidas na última década, têm dificultado ou impedido a promoção das medidas necessárias à redefinição de objectivos e estratégias a médio e longo prazo, passíveis de financiamento estável (nacional e internacional) e credoras de reconhecimento por parte da Sociedade. Ainda assim, muitos foram os projectos executados nas várias áreas de especialidade, dando continuidade a linhas de investigação acreditadas nacional e internacionalmente e, em termos de publicações em revistas internacionais arbitradas e cotadas no ISI, a Geologia foi um dos domínios do conhecimento que mais cresceu em Portugal na última década, o que demonstra vitalidade e existência de massa crítica que pode, e deve, ser potenciada. Nas várias áreas de aplicação do conhecimento geológico, registam-se também vários casos de sucesso, muito embora prevaleça a sensação de que muito mais poderia ter sido realizado se existissem no País as estratégias certas para o ordenamento do território e a gestão sustentável de recursos geológicos; a estas poder-se-iam juntar os incentivos formais e os enquadramentos legais propícios à consolidação e alargamento dos interesses económicos nacionais em territórios africanos de língua oficial portuguesa para os quais existe vasto espólio documental técnico-científico ainda útil e único.

A nível universitário e uma vez concluídas as etapas formas de reorganização/reestruturação determinadas pelo Processo de Bolonha, os desafios que se colocam são imensos, porquanto muito fica por fazer no sentido de: (i) reajustar as *alterações curriculares, pedagógicas e organizacionais* que permitam oferecer ciclos de ensino-aprendizagem atractivos, apostando no sucesso escolar, na qualificação e na diferenciação para *ganhar competitividade*; estas readaptações e reorientações deverão suscitar o estabelecimento de quadros de cooperação inter-universitária (nacional e internacional) e requerer esforços no sentido da avaliação e acreditação internacional; (ii) introduzir ou reforçar medidas que consubstanciem *programas de parceria externa* com entidades diversas do mundo empresarial e social que concorram para bons desempenhos institucionais, fortaleçam a visibilidade da Universidade na Sociedade e garantam a integração profissional dos estudantes ao fim de cada etapa da sua formação; (iii) fomentar *intercâmbios internacionais*, consolidando e alargando a influência das Escolas nacionais de Geologia com o duplo propósito de atrair estudantes estrangeiros e de aumentar de forma significativa o número de projectos de investigação financiados por programas comunitários e internacionais; e (iv) assegurar *fontes específicas de*

financiamento para linhas de investigação aplicada ou para assistência técnica e tecnológica de elevada qualidade, como também para cursos pós-graduados vocacionais de actualização, requalificação e aperfeiçoamento profissional (intensivos e fortemente direccionados para as necessidades do mercado em cada momento). Atingir estes propósitos, ainda que gradualmente, revela-se crucial à manutenção da actual rede nacional de Escolas de Geologia, garantindo a continuidade do ensino e da investigação em diversas áreas de especialidade. Só assim será possível contrariar as tendências menos positivas de recrutamento registadas nos últimos anos (esboçando tendência de inversão desde 2007/08) e acautelar condições estáveis de financiamento que proporcionem a normal progressão das actividades de investigação (sejam elas de natureza fundamental ou dirigidas a aplicações diversas) e facilitem o rejuvenescimento regular das equipas de docência e investigação.

5. CONCLUSÕES

O ensino e aprendizagem pré-universitária da Geologia contribuem para a construção de raciocínios coerentes acerca dos constituintes básicos, organização e dinâmica dos sistemas naturais. Permite o desenvolvimento de competências gerais e específicas, facilitando a compreensão de que as actividades humanas (sociais, económicas, *etc.*) e ambiente formam sistemas naturalmente acoplados (não lineares, complexos e auto-organizados) que devem ser caracterizados e analisados em conjunto. Os sistemas sócio-ecológicos assim definidos (*e.g.* Gallopín, 2003), observando necessariamente a geodiversidade, deverão constituir as unidades-base sob análise em qualquer abordagem sobre desenvolvimento sustentável (*e.g.* Mawhinney, 2002; Steffen *et al.*, 2003). Tudo isto configura uma oportunidade única de contribuir para a compreensão das implicações e aplicações do conhecimento geocientífico na solução de problemas correntes, fomentando a literacia científica. Importa, por isso, cumprir convergentemente diversos desafios, em especial: (i) redefinir finalidades e objectivos específicos para cada nível de escolaridade pré-universitária; (ii) consagrar, de forma inequívoca, o trabalho de campo e de outras componentes práticas e experimentais da aprendizagem; (iii) seleccionar e articular conceitos e conteúdos nucleares, promovendo encadeamentos coerentes de temas e de actividades progressivamente mais complexas e abrangentes; e (iv) consolidar devidamente o conhecimento disciplinar antes de abordar temas e actividades de carácter inter- e transdisciplinar.

A profissão de geólogo continua a revelar-se incontornável em muitos sectores de actividade económica, ganhando influência progressiva em áreas emergentes da aplicação do conhecimento científico relacionadas, nomeadamente, com o Ambiente e o Ordenamento do Território. Justifica-se, por conseguinte, a necessidade de manter ofertas de formação universitária em Geologia, as quais podem ser muito diversas, embora comungando componentes nucleares de treino sem o que não é possível transmitir/adquirir a cultura que identifica inequivocamente o perfil profissional de geólogo. As soluções adoptadas, contudo, dependendo de factores diversos, não devem deixar de consagrar espaços curriculares dedicados a temas suscitados pelas mudanças de paradigma decorrentes da evolução recente do Conhecimento e seu impacte na Sociedade. Tal contribuirá decisivamente para a afirmação do papel fulcral da Geologia no século XXI. Neste contexto e na sequência do Processo de Bolonha, importa reestruturar e reorientar a actual rede nacional de Escolas de Geologia, dotando-a de meios e adequando-a aos desafios e paradigmas contemporâneos, sob pena de Portugal perder a possibilidade de garantir a continuidade do ensino e da investigação em diversas áreas de especialidade. Convém, no entanto, ter a necessária *humildade crítica* (adaptando um célebre pensamento de Kant) para não pedir à rede de Escolas mais do que aquilo que ela pode, na verdade, dar.

AGRADECIMENTOS

São devidos agradecimentos à Comissão Editorial da publicação “*Ciências Geológicas – Ensino, Investigação e sua História*” pelo convite endereçado para a redacção do presente conjunto de reflexões, através do Professor Doutor João Praia, coordenador do capítulo *Ensino da Geologia em Portugal* inserido no Vol. I.

REFERÊNCIAS

- Andrews, S. (1998) – The geologist as detective: a view of our profession. Annual Meeting, New England Section of the Geological Society of América. <http://www.sarahandrews.net/index.htm>.
- Amador, F. (2000) - A revisão curricular e os programas de Geologia do ensino secundário – uma gestão de equilíbrios. *Geonovas*, vol. 14, pp. 5-10.
- Bak, P. (1996). *How nature works; the science of self-organized criticality*. Copernicur, Springer-Verlag, Berlin.
- Baker, V.R. (1999) - Geosemiosis. *GSA Bulletin*, Vol. 111, fasc. 5, pp. 633-645.
- Bezzi, A. (1999) – What is this thing called Geoscience? Epistemological dimensions elicited with repertory grid and their implications for scientific literacy. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Bolacha, E. (2008) - Elementos sobre Epistemologia da Geologia: uma contribuição no Ano Internacional do Planeta Terra. e-Terra, vol. 6, fasc. 2, pp.1-16.
- Bolacha, E., Mateus, A. (2007a) - Evolução recente do Ensino Secundário em Portugal e suas implicações nos currículos de Geologia; a perspectiva da Associação Portuguesa de Geólogos. *Geonovas*, vol. 21, pp. 65-75.
- Bolacha E., Mateus, A. (2007b) - Novos currículos de Geologia no Ensino Secundário português: contributos da Associação Portuguesa de Geólogos. *Geonovas*, vol. 21, pp. 76-92.
- 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*, vol. 20, pp. 33-56.
- Bruner, J. (1996) – *Cultura da Educação. Ciências do Homem*, Edições 70 Lda.
- Cachapuz, A. (2004) - Relatório de Estudo Saberes Básicos de todos os Cidadãos no séc. XXI. CNE, Lisboa.
- Cachapuz, A. (2007) – *Educação em Ciência: que fazer? Seminários e Colóquios*, CNE, Lisboa, pp. 239-250.
- Cachapuz, A., Praia, J., Jorge, M. (2002) - *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Temas de Investigação, 26, Instituto de Inovação Educacional, Ministério da Educação, Lisboa.
- Cachapuz, A., Praia, J., Paixão, F., Martins, I. (1999) – Uma visão sobre o ensino das ciências no pós-mudança conceptual: contributos para a formação de professores. *Invação*, vol. 13, fasc. 2/3, pp.117-137.
- Canavarro J. M. (1999) - *Ciência e Sociedade*. Quarteto Editora, Coleção Nova Era, Coimbra.
- Caraça, J. (2001) - *O que é Ciência*. 2ª Ed., Quimera, Lisboa.
- Caraça, J. (2007) - *Ciência e Educação em Ciência*. Seminários e Colóquios, CNE, Lisboa, pp. 29-37.
- Chamberlin T. C. (1890) - The method of multiple hypotheses. *Science*, vol. 15, pp. 92-96 (Reprinted in 1965, *Science*, vol. 148, pp. 754-759).
- Coutinho, A. (2007) - *Ciência e desenvolvimento da cultura científica*. Seminários e Colóquios, CNE, Lisboa, pp. 39-54.
- Declaração Internacional dos Direitos à Memória da Terra (Carta de Digne), *Comun. Serv. Geol. de Portugal*, 1991, vol. 77, pp. 147.
- Duffy, J.D., Keaton, J.R. (2006) - *Engineering Geology*. A2L05 Committee on Engineering Geology, Report.
- Einaudi, M.T. (1994) – Future of Economic Geology in Academia. Meyer Symposium on “Compatibility of Mining and Environment”. *Geol. Soc. America Ann. Meeting*.
- Engelhardt, W., Zimmermann, J. (1988) - *Theory of Earth Science*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ernst, W.G. (ed.) (2000) - *Earth Systems: processes and issues*. Cambridge University Press, London.
- Freitas, M. (2007) - A Ciência e a Educação em Ciências na construção de sociedades sustentáveis: bases epistemológicas e princípios de operacionalização. *Seminários e Colóquios, CNE, Lisboa*, pp. 169-236.
- Frodeman, R. (1995) - Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science. *GSA Bulletin*, vol. 107, fasc. 8, pp. 960-968.
- Frodeman, R. (2001) - A epistemologia das Geociências. *Geociências nos Currículos dos Ensinos Básico e Secundário*, Marques, L. & Praia, J. (eds.), Dep. Didáctica e Tecnologia Educativa. Univ. Aveiro, pp. 215-232.
- Gallopin G.C. (2003) - What kind of System of Science (and Technology) is needed to support the quest for sustainable development In: *Earth System Analysis for Sustainability*, The MIT Press, London, pp. 356-386.
- Gautier, C. (2006) - A personal experience of designing Earth System Science instruction base on learner-centered Environment Paradigm. *Journal of Geoscience Education*, v. 54, fasc. 3, pp. 208-209.
- Gil-Pérez, D., Guisasaola, J., Moreno, A., Cachapuz, A., Pessoa de Carvalho, A. M., Martínez Torregrosa, J., Salinas, J., Valdés, P., González, E., Gene Duch, A., Dumas-Carré, A., Tricárico, H., Gallego, R. (2002) - Que entendemos por posições construtivistas na Educação em Ciência? *Science & Education*, vol. 11, pp. 557-571.
- Gonçalves, M.E. (Coord.) (2002) - *Os portugueses e a Ciência*. Publicações D. Quixote, Lisboa.
- Hochella M.F. (Coord.) (2007) - On the cutting edge; teaching Mineralogy, Petrology and Geochemistry. *Elements*, vol. 2, fasc. 2, pp. 1-152.
- Jonassen, D. (1999) - Toward a Meta-Theory of Problem Solving. <http://tiger.coe.missouri.edu/%7Ejonassen/>.
- Lucht, W., Pachauri, R.K. (2003) - The Mental Component of the Earth System. In: *Earth System Analysis for Sustainability*, The MIT Press, London, pp. 341-365.
- Luffiego Garcia, M., Rubadán Vergana, J. (2000) - La evolución del concepto de sostenibilidad y su introducción en la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 18, fasc. 3, pp. 473-486.
- Mateus, A. (2000a) - Actividades práticas e experimentais no Ensino da Geologia: uma necessidade incontornável. *Trabalho prático e experimental na Educação em Ciências*, M. Sequeira, L. Dourado, M. Vilaça, J. Silva, A. Afonso & J. Baptista (eds.), Univ. Minho, Braga, pp. 427-437.

- Mateus, A. (2000b) - A pertinência da formação científica interdisciplinar na compreensão do Mundo, preparando os cidadãos para uma intervenção crítica. Trabalho prático e experimental na Educação em Ciências, M. Sequeira, L. Dourado, M. Vilaça, J. Silva, A. Afonso & J. Baptista (eds.), Univ. Minho, Braga, pp. 585-593.
- Mateus, A. (2001) - Perspectivas actuais da Geologia; sua importância educativa. O Ensino Experimental das Ciências – III. (Re)pensar o Ensino das Ciências. Ministério da Educação, pp. 107-128.
- Mateus, A. (2006) - A Geologia no limiar do século XXI: consolidação de um percurso, projectando o futuro. e.Ciência, vol. 112, pp. 13-20.
- Mateus, A., Andrade C., Munhá J., Noronha F. (2006) - 1st cycle Geology programmes in the European Higher Education Area. European Geologist Magazine, vol. 21, pp. 24-26
- Mawhinney, M. (2002) - Sustainable Development; understanding the green debates, Blackwell Publ., London.
- Mayer, V. J. (2001) - A alfabetização global em ciências no currículo da escola secundária. Geociências nos Currículos dos Ensinos Básico e Secundário, Marques, L. & Praia, J. (eds.), Dep. Didáctica e Tecnologia Educativa. Univ. Aveiro, pp. 169-190.
- Mckeown, R., Hopkins, C. (2002) - Education for sustainable development: na international perspective. Environmental Education Research, vol. 9, fasc. 1, pp. 117-128.
- Mitcham, C., Sacks, A.B., Frodeman, R. (2001) - Questioning interdisciplinary. Science, Technology and Society Newsletter, vol. 126, pp. 1-5.
- Novak, J. D. (1997) - Teoría y práctica de la educación. Alianza Universidad, Madrid.
- Orion, N. (1998) - Implementation of new teaching strategies in different learning environments within the Science Education. Conferência Internacional - Projectar o Futuro: Políticas, Currículos, Práticas, Dep. Ensino Secundário, Ministério da Educação, pp. 125-139.
- Orion, N. (2001) - A educação em Ciências da Terra: da teoria à prática-implementação de novas estratégias de ensino em diferentes ambientes de aprendizagem. Geociências nos Currículos dos Ensinos Básico e Secundário, Marques, L. & Praia, J. (eds.), Dep. Didáctica e Tecnologia Educativa. Univ. Aveiro, pp. 93-114.
- Pedrosa, M. A., Mateus, A. (2001) - Educar em Escolas abertas ao Mundo. Que Cultura e que condições de Exercício da Cidadania? O Ensino Experimental das Ciências – III. (Re)pensar o Ensino das Ciências, Ministério da Educação, pp. 141-154.
- Praia, J. (1996) - Da insatisfação de uma educação científica actual à necessidade de uma reflexão (re)vitalizadora em torno da Filosofia e da História da Ciência. Revista de Educação, vol. VI, fasc. 1, pp. 105-112.
- Praia, J., Cachapuz, A., Gil-Pérez, D. (2002) - Problema, teoria e observação em Ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em Ciência. Ciência & Educação, vol. 8, fasc. 1, pp. 127-145.
- Praia, J., Marques, L., Trindade, V. (2001) - Situação da Educação em Geociências em Portugal: Um confronto com a investigação didáctica. Geociências nos Currículos dos Ensinos Básico e Secundário, Marques, L. & Praia, J. (eds.), Dep. Didáctica e Tecnologia Educativa, Univ. Aveiro, pp. 15-38.
- Pollard, D. (Coord.) (2002). New Departures in Structural Geology and Tectonics. National Science Foundation (GEO/EAR). <http://www.pangea.stanford.edu/~dpollard/NSF/>
- Pombo, O. (2006) - Unidade da Ciência. Edições Duarte Reis, Lisboa.
- Rabb, T., Frodeman, R. (2002) - What is like to be a geologist? A phenomenology of geology and its epistemological implications. Philosophy and Geography, vol. 5, pp. 69-81.
- Rankey, E.C., Ruzek, M. (2006) - Symphony of the Spheres: perspectives on Earth Science Education. Journal of Geoscience Education, v. 54, fasc. 3, pp. 197-201.
- Santos, M. (2002) - Trabalho experimental no ensino das Ciências. Temas de Investigação, 23. Instituto de Inovação Educacional, Ministério da Educação, Lisboa.
- Schumm, S.A. (1991) - To interpret the Earth: ten ways to be wrong. Cambridge University Press. First Paperback Edition, Cambridge.
- Seddon, G. (1996) - Thinking like a geologist: the culture of Geology. Australian J. Earth Sciences, vol. 43, fasc. 5, pp. 487-495.
- Sjöberg, S. (2002) - Science and Technology Education in Europe: current challenges and possible solutions. UNESCO International STEE Newsletter, vol. XXVII, fasc. 3-4, pp. 1-5.
- Spiro, R., Feltovich, P., Jacobson, M., Coulson, R. (1991) - Cognitive Flexibility, Constructivism, and Hypertext: Random Access Instruction Advanced Knowledge Acquisition in Ill-Structured Domains. Educational Technology, vol. 5, pp. 24-33.
- Steffen, W., Andrea, M.O., Bolin, B., Cox, P.M., Crutzen, P.J., Cubasch, U., Held, H., Nakicenovic, N., Talaeus-McManus, L., Turner, H. B.L. (2003) - Earth System Dynamics in the Anthropocene. In: Earth System Analysis for Sustainability, The MIT Press, London, pp. 313-340.
- Tedesco, J. C. (1999) - O Novo Pacto Educativo: Educação, Competitividade e Cidadania na Sociedade Moderna, Edição da Fundação Manuel Leão, Vila Nova de Gaia.
- Thompson, D. B. (2001) - Para uma Educação em Ciências da Terra e do meio ambiente destinada a alunos entre os 4 e os 16 anos de idade. Geociências nos Currículos dos Ensinos Básico e Secundário, Marques, L. & Praia, J. (eds.), Dep. Didáctica e Tecnologia Educativa, Univ. Aveiro, pp. 131-165.
- Turcotte, D.L., Schubert, G. (2005) - Geodynamics. 2th Edition, Cambridge University Press.
- Veiga, M.L. (2007) - Como pela Educação em Ciência se pode ir cultivando a Cidadania: a Saúde, o ambiente e o consumo como temas transversais no ensino básico. Seminários e Colóquios, CNE, Lisboa, pp. 133-160.
- Zabalza, M. A. (1998) - Planificação e Desenvolvimento Curricular na Escola. Edições ASA, Lisboa.