



**Do
tu
ga**

.....

**de an
tes da
Histó
ria**

.....
.....





Inevitavelmente à Isabel, ao Miguel e à Marta por tudo

*...mas também a todos os professores que acreditam,
como o poeta irlandês William Butler Yeats (1865-1939),
que educar não é encher um balde mas acender uma fogueira.*



Í N D I C E

Agradecimentos	7
Prefácio por Galopim de Carvalho	11
História de um livro de Histórias	13
Nota de autor; comunicar Ciência	15
.....	
I_ A geologia de Portugal no contexto histórico	19
.....	
II_ A geologia de Portugal no contexto dos ciclos tectónicos	21
II.1_ Uniformitarismo e catastrofismo... duas formas de ver incompatíveis?	21
II.2_ Do ciclo dos continentes ao ciclo das placas litosféricas	27
.....	
III_ Os Ciclos de Wilson	35
III.1_ Partindo continentes (<i>fase de rifte intracontinental</i>)	37
III.2_ Um oceano nasceu (<i>fase de rifte oceânico</i>)	45
III.3_ De volta às profundezas (<i>fase de subducção</i>)	53
.....	
M.1_ <i>O processo de início de subducção no contexto dos ciclos de Wilson; o caso da Margem Sudoeste Ibérica</i> - por João Duarte	73
.....	
III.4_ Um confronto de gigantes (<i>fase de colisão continental</i>)	89
III.5_ Arrasando montanhas (<i>fase de erosão / isostasia</i>).	111
.....	
IV_ Ciclos de Wilson, sim... mas...	123
IV.1_ Rift - Subducção - Rift - Subducção...; nem sempre!	125
IV.2_ Correntes de Convecção e plumas térmicas; dois processos independentes?	127
IV.3_ Das plumas mantélicas às superplumas; os tempos estão a mudar...	141
IV.4_ De baixo para cima ou de cima para baixo; a versão tectónica do ovo ou da galinha?	147
IV.5_ As forças que movem as placas	151
IV.6_ Brincando aos puzzles... ou talvez não!	155
.....	
M.2_ <i>Tectónica de Placas Amolecidas; uma visão alternativa</i> - por António Ribeiro	167
.....	
V_ Em busca das placas do passado... dos fósseis às bússolas...	173
V.1_ Dos mapas paleogeográficos às fronteiras de placas	173
V.2_ Seguindo os fósseis.	179
V.3_ Seguindo a bússola	191



VI_ Em busca das placas do passado... dos minerais às rochas...	197
VI.1_ Pressões & temperaturas... no espaço e no tempo	197
VI.2_ Minerais... no espaço e no tempo	207
VI.3_ Ciclo das rochas; o resultado da dinâmica da Terra	219
VI.4_ Metamorfismo no contexto da Tectónica de Placas	223
VI.4.1_ Do metamorfismo à deformação	225
VI.4.1.1_ Fases metamórficas ou polimetamorfismo?	229
VI.4.1.2_ As reacções metamórficas implicam sempre a formação de novos minerais?	233
VI.4.1.3_ Como se desenvolvem as foliações metamórficas e quais as suas implicações na sistemática das rochas metamórficas?	241
M.3_ Foliações & foliações; uma realidade complexa	249
VI.4.2_ Dos minerais à intensidade do metamorfismo	261
VI.4.3_ Revisitando os diagramas pressão-temperatura-tempo (PTt)	269
M.4_ Evidências para a ocorrência de sobrepressão e subpressão tectónica; o caso dos Alpes	277
VI.4.4_ Dos ambientes geodinâmicos ao metamorfismo	291
VI.4.4.1_ Metamorfismo de contacto	291
VI.4.4.2_ Metamorfismo regional	297
VI.4.4.3_ Metamorfismo de colisão	305
VI.5_ Magmatismo... no espaço e no tempo	315
VI.5.1_ Das rochas aos magmas	315
VI.5.2_ Dos magmas às rochas	323
VI.5.3_ A caminho da superfície... ou talvez não...	333
VI.5.4_ Há magmas e magmas	339
Anexo I_ Princípios fundamentais da geologia; perfeitamente actuais ao fim de três séculos	367
Anexo II_ Anticlinais, sinclinais & outras coisas mais...	381
Anexo III_ Falhas normais inversas & outras coisas mais...	401
Onde ler_	427



Este livro resulta inevitavelmente do meu percurso enquanto geólogo mas, também como pessoa. Optar por tentar escrever, de uma forma acessível, sobre *Geologia de Portugal* é algo que vai para além da minha investigação em Geologia, o que tenho tentado que continue a ser uma parte fundamental do que faço.

Evidentemente que aquilo que sou como geólogo tem uma parte de aprendizagem individual quando sozinho no campo tentava (e tantas vezes desesperava...) perceber os afloramentos... o que sem dúvida ainda tento... Este percurso autodidata, em que se soma conhecimento ao conhecimento que já se tem, só é possível quando anteriormente houve uma aprendizagem de conceitos básicos e, outros que nem tanto. Esta aprendizagem foi feita com muitos professores e colegas cuja lista é demasiado longa para poder ser aqui enumerada de uma forma exaustiva, até porque havia o risco, que não quero correr, de resultar em esquecimentos indesculpáveis. Apesar de tudo, há sempre pessoas que se destacaram neste percurso e a quem, de algum modo, nos habituámos a encarar como MESTRES. Estes seria indesculpável não serem recordados...

Ao Hipólito Monteiro com quem me iniciei a fazer investigação científica nos já longínquos inícios da década de oitenta do século passado, quando ainda aluno, como tarefeiro da Geologia Marinha dos Serviços Geológicos de Portugal que ele dirigia. Para além de muitas outras coisas, nunca me esquecerei dos dois cruzeiros para recolha de dados da plataforma continental ou das pipetagens para os estudos das argilas nos laboratórios da Castanheira do Ribatejo, onde descobri a quantidade de coisas que se conseguiam fazer em 20 segundos...

Ao Galopim de Carvalho que me ensinou, para além de Geologia, a importância de contar histórias, mesmo que de Ciência, em linguagem simples. Se quem nos ouve não percebe o que estamos a dizer a culpa é... nossa.

Ao Fernando Barriga de quem assimilei a importância fundamental da componente visual para contar histórias. As suas aulas e conferências tinham o enorme poder de atracção, resultante do irrepreensível cuidado com que eram preparadas.

Ao António Serralheiro que me transmitiu a importância da utilização no campo da fotografia aérea na cartografia geológica e de quem guardo agradáveis recordações de um mês de trabalho de campo na ilha de Santa Maria como recém-licenciado.

Ao José Rebelo com quem aprendi a marcar limites nas formações do Paleozóico quando comecei a preparar o meu mestrado em Trás-os-Montes. Mas também pelos saudosos e incríveis serões em Torre de Moncorvo ouvindo as suas cativantes histórias, até altas horas da noite, que todos aqueles que tiveram a sorte de partilhar o seu convívio tão bem conhecem.

Ao Carlos Coke com quem fui aprendendo em conjunto os segredos da magnífica Serra do Marão. Mas também por inesquecíveis momentos onde tanta coisa foi acontecendo, e onde descidas em canoa no Guadiana se misturavam com a construção de um iglô de neve para dormir no topo da Serra.

Ao António Ribeiro de quem, como todos bem sabemos, é impossível sintetizar a quantidade de coisas que se devem agradecer. Foi com ele que aprendi, que por trás dos afloramentos existiam oceanos e cadeias de montanhas à espera de serem descobertos... e que merece a pena esforçarmo-nos por perceber estas histórias. Foi o entusiasmo que me transmitiu na compreensão

AGRADECIMENTOS

da Geologia de Portugal que me levou a querer escrever este livro.

Enquanto professor esforço-me por conseguir transmitir algo do que fui aprendendo. E, como não somos imunes a uma certa vaidade (afinal somos humanos...), gosto de pensar que de entre os muitos alunos que fui tendo, para alguns possa ter sido importante. Para além disso, como ensinar é conseguir interagir, enquanto se ensina aprende-se. A este propósito, lembro-me de dois casos recentes que, embora diferentes, foram muito importantes para mim.

O primeiro é o Noel Moreira companheiro de tantas e diversas andanças. As inúmeras discussões que fomos tendo, tantas vezes em torno de uma imperial, de uma *caña*, ou de um chá de menta marroquino, foram um incentivo constante para que me fosse mantendo actualizado do ponto de vista científico.

O segundo caso é o João Duarte. Para além de algumas agradáveis lembranças nos Pirenéus por ocasião do seu mestrado, veio dele um importante contributo para despertar o meu interesse pelos supercontinentes e pelos mecanismos associados à sua formação. A ele lhe devo também o apontar de alguns novos caminhos que estão a ser seguidos em Tectónica de Placas.

Uma palavra especial de agradecimento aos colegas António Ribeiro, Bento Caldeira, Carlos Marques da Silva, Galopim de Carvalho, Isabel Leal Machado, João Duarte e João Mata, por terem lido a totalidade ou partes do manuscrito de maneira a melhorarem / corrigirem o que estava pouco claro... Mas se erros ainda ficaram a culpa não é deles...

É também fundamental não esquecer os excelentes professores do básico e secundário com quem tenho tido o privilégio de contactar de perto. Eles são sem dúvida um dos principais incentivos para escrever este livro. São eles que se esforçam por fazer o milagre de conseguir ensinar geologia apesar dos programas tantas vezes desajustados e pouco cativantes que são obrigados a cumprir. Eles têm teimado em não desistir, apesar dos sucessivos ministros e equipas ministeriais que teimam em fazer reformas consecutivas que nunca chegam ao fim e nunca são avaliadas, seguindo apenas os ciclos eleitorais num inventar da roda estéril e criminoso, pelo mal que têm feito... Eles não desincentivam apesar dos sindicatos que infelizmente teimam em só lutar por supostas regalias da classe esquecendo que, tal como em qualquer classe profissional, os docentes não são todos iguais e a par de casos excepcionais que tudo mereciam, em especial o reconhecimento da fundamental importância do trabalho desenvolvido, existem outros que apenas se esforçam por cumprir os mínimos...

Mas este é um livro de divulgação científica que foi crescendo dentro de mim em simultâneo com o crescimento do Centro Ciência Viva de Estremoz cujos primeiros passos têm também... 20 anos. Não tenho dúvidas nenhuma de que a ligação entre ambos os projectos vai muito para além da simples coexistência temporal. Sem um não haveria o outro. Se para que este livro exista é imprescindível a investigação que faço na Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora e no Instituto de Ciências da Terra, é também fundamental a divulgação que o Centro Ciência Viva de Estremoz faz. E... quando se fala em divulgação em Portugal é impossível não agradecer a Mariano Gago. Esta nem sequer é uma "dívida" pessoal... ela é uma dívida nacional! Sem a sua visão e empenho, não haveria Centros Ciência Viva e a generalidade dos cientistas portugueses estariam fechados nos seus laboratórios e universidades a fazerem "só" investigação. Foi um enorme privilégio ter tido a oportunidade de o ter conhecido pessoalmente e de poder conseguir fazer crescer um pouco o seu enorme sonho.

Portugal de antes da História //// 600 milhões de anos de Evolução
//// **Volume _1** //// Da dinâmica global aos processos geológicos

Ao falar no Centro Ciência Viva de Estremoz, é impossível não manifestar uma enorme dívida de gratidão para com a equipa que o tem vindo a fazer crescer ao longo de todo este tempo. Sem ela, o Centro não seria possível e, sem o Centro, este livro muito possivelmente nunca teria existido. Ao Henrique Gouveia gostaria de agradecer o enorme cuidado posto na composição do livro, que saiu com a qualidade com que nos tem vindo a habituar desde há muitos anos. Dá-me um enorme prazer que lhe tenha cabido a tarefa de dar forma aos manuscritos e desenhos que fui produzindo. Mas como disse no início, o que sou e que possibilita este livro tem uma componente pessoal muito grande e... 20 anos é muito tempo quando o medimos, não nos ritmos geológicos mas sim nos nossos ritmos biológicos. 20 anos a pensar num livro que se tem a certeza de vir a escrever um dia, é muito tempo... Mesmo muito tempo, para quem habita connosco. Tenho consciência da enorme paciência que foi (é...) necessária para quem comigo conviveu de muito perto estes 20 anos. Embora saiba que a melhor palavra para os sentimentos envolvidos não seja paciência, esta teve necessariamente que existir quando a meio de uma refeição agarrava numa das canetas, com que ando sempre no bolso, e começava a desenhar ou a rabiscar umas frases nas toalhas de papel dos restaurantes... ou quando no escuro do cinema, com essa mesma caneta começava a rabiscar num qualquer pedaço de papel que sempre transporto ou invento. Por isso, este é um livro que não teria existido sem o suporte e "*paciência*" da Isabel, do Miguel e da Marta ao longo destes anos. De algum modo eles são também autores deste livro, não porque escrevessem as frases ou criassem os desenhos, mas porque permitiram que eu seja como sou. Para eles um enorme agradecimento... e eles sabem que, mesmo que eu lhes diga que os próximos 20 anos vão ser diferentes... não devem acreditar pois... as minhas algibeiras continuam sempre a transportar pelo menos uma "*Bic*" preta ponta grossa...

Finalmente gostaria de agradecer ao Instituto de Ciências da Terra (ICT apoiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia ao abrigo do contrato UID/GEO/04683/2013) e ao projecto "*Modelos Metalogénicos 3D da Zona de Ossa Morena: valorização dos recursos minerais do Alentejo*" (financiado no âmbito do Programa Alentejo 2020, ALT20-03-0145-FEDER-000028).

Vila do Bispo, Agosto de 2018





Para conceber e dar à estampa um prefácio (do latim *praefatio*, que é o que se diz em primeiro lugar) digno do autor do livro que se apresenta, é necessário conhecer bem o que se prefacia, na forma e no conteúdo, a pessoa que o escreveu, a sua obra e, ainda, ter empenho e gosto em o fazer.

Reúno, pois, todos estes preceitos. Li atenta e demoradamente a totalidade do “manuscrito”, maneira literária de dizer que o li no *écran* do computador. Conheci bem o autor, não só como meu aluno na Faculdade de Ciências de Lisboa, nos anos 1978 a 1982, que desde logo demonstrou notáveis qualidades intelectuais e humanas, mas também como amigo muito próximo e colega de profissão. Conheço a obra que tem desenvolvido como geólogo, como professor da Universidade de Évora e como responsável científico e pedagógico do Centro de Ciência Viva de Estremoz, onde é, a um tempo, teórico e operacional, que tanto concebe a ideia pedagógica relativa a um dado processo ou acontecimento geológico, como a executa, na prática e manualmente, com artes de carpintaria, serralharia, electrotecnia ou outras. Por tudo isto me empenhei na redacção destas linhas, tarefa que, acentuo, me deu o maior prazer.

Diz o autor que este livro demorou 20 anos a tomar forma. Foi o tempo, diz ele, do muito que aprendeu como estudante, do muito que leu e do muito trabalho de campo que realizou, como geólogo, dentro e fora das nossas fronteiras. Tempo necessário para digerir e amadurecer todo este manancial de ensinamentos, a par de uma frutuosa e demorada (cerca de 37 anos) convivência com alunos e professores de todos os graus de ensino. Foi um tempo marcado por um sem número de palestras e participações em congressos científicos nacionais e internacionais. Um tempo, em suma, de organização das ideias, e que bem organizadas e claras que elas se nos apresentam, neste livro.

Escrito em bom português, num discurso a pensar, sobretudo, nos professores das nossas escolas, é uma obra de divulgação científica, focada nos agentes, processos e acontecimentos geológicos essenciais para, num outro volume, em preparação, nos oferecer o que será o primeiro livro de Geologia de Portugal.

Numa sociedade, como é, infelizmente, a nossa, mais apostada na informação do que na formação, uma realidade que o sistema de ensino não contraria, o autor insiste na necessidade de fazer compreender os processos. Diz ele, na introdução: *“Infelizmente esta situação chega por vezes a reflectir-se nos próprios currícula elaborados pelo Ministério da Educação, onde os factos abundam mas... a compreensão dos processos é negligenciada,”* afirmação que subscrevo.

Com base em tudo o que foi a sua vida profissional, o autor produziu, “de um jacto”, numa linguagem clara e agradável de ler, uma história coerente, a todo o momento confrontada com um aumento exponencial de bibliografia de qualidade muito diversa, visando um *“abrir de portas para o começo da compreensão do passado geológico de Portugal”*.

António Marcos Galopim de Carvalho
8 de Março de 2019

PREFÁCIO POR GALOPIM DE CARVALHO

Portugal de antes da História //// 600 milhões de anos de Evolução
//// Volume _1 //// Da dinâmica global aos processos geológicos



“Primeiro aprende o significado do que dizes, e então fala”.
EPICTETO, filósofo grego (50-135)

Este é um livro que demorou 20 anos a tomar forma! Não porque o processo de escrita tenha sido tão longo pois, pouco mais de um ano foi suficiente.

20 anos foi o tempo de estudo necessário à leitura e compreensão de vários livros e centenas de artigos científicos que vão saindo a um ritmo cada vez mais vertiginoso, que tornam difícil acompanhar a ciência que se vai fazendo.

20 anos foi o tempo de maturação dos dados que se iam acumulando destas leituras e que ia tentando integrar com os estudos de campo que ia fazendo, essencialmente em Portugal mas também em Marrocos e em Timor.

20 anos foi o tempo durante o qual dezenas de conversas com colegas e amigos foram confrontando ideias sobre a Geologia de Portugal.

20 anos foi o tempo em que interagi directamente com milhares de alunos e centenas de professores do ensino básico ao secundário, quer nas visitas e actividades que orientei no Centro Ciência Viva de Estremoz, quer em saídas de campo e actividades nas escolas. Com eles fui não só aperfeiçoando formas de comunicar geologia mas também percebendo que era importante fazer um livro que procurasse transmitir, de uma forma acessível mas rigorosa, a geologia do nosso país.

20 anos foi o tempo necessário para fazer... e refazer... centenas de desenhos com esquemas que mostrassem, de um modo claro, os processos que achava importantes para perceber a evolução da Geologia de Portugal.

20 anos foi o tempo durante o qual preparei muitas dezenas de conferências de algum modo relacionadas com a Geologia de Portugal realizadas em escolas, universidades, museus e congressos e que foram o embrião do que agora apresento.

20 anos foi o tempo necessário para as experiências anteriores terem convergido numa história sobre a evolução geológica de Portugal que fizesse um mínimo de sentido para mim. Só a partir deste momento era possível esta fascinante história geológica de Portugal assumir uma forma escrita. Com efeito, sempre defendi que não se divulga o que não se sabe e, para mim, durante estes 20 anos, foi sendo claro que ainda não tinha chegado o momento em que as ideias se pudessem transformar em palavras escritas.

20 anos foi o tempo necessário para que as ideias se fossem organizando numa grande história coerente, que merecesse a pena ser contada e que fizesse sentido para o leitor.

Mas durante o processo de escrita as páginas foram-se acumulando para além do que seria razoável num livro que se deseja que não fique na imobilidade de uma estante. Portugal de Antes da História evoluiu gradualmente para uma trilogia que pretende ir guiando o leitor na compreensão da intrigante evolução geológica de Portugal.

Neste primeiro volume iremos tentar perceber a complexa inter-relação entre os processo geológicos e a dinâmica global da Terra.

O segundo volume parte da interpretação de um conjunto de mapas geológicos reais de Portugal

HISTÓRIA DE UM LIVRO DE HISTÓRIAS

Portugal de antes da História //// 600 milhões de anos de Evolução
 //// Volume _1 //// Da dinâmica global aos processos geológicos

para recuar no tempo procurando perceber os processos que os originaram.

O terceiro e último volume seguirá a evolução de uma parte da superfície da Terra durante 600 milhões de anos. Este foi o tempo necessário para que a região a que actualmente chamamos Portugal se tenha transformado no que hoje conhecemos.

A minha esperança é que de algum modo este objectivo possa ter sido atingido e que este livro possa ser útil a quem o ler.

Estou consciente de que escrever este livro é um risco. A vastidão dos assuntos abordados é tal, que de modo nenhum tenho a pretensão de me considerar especialista em todos eles. Por isso, embora tenha feito um grande esforço de me documentar sobre os vários assuntos, há sempre o risco de, nalguns casos, haver situações que possam ser alvo de alguma polémica. Este risco aumenta pois este primeiro volume aborda um conjunto de assuntos que, embora não estejam directamente relacionados com a Geologia de Portugal, apresentam uma série de conceitos que considero fundamentais para o leitor. Muitos destes conceitos têm a ver com tectónica de placas e, esta é precisamente uma das áreas que tem tido um desenvolvimento espectacular na última década. As novas abordagens, nas quais os métodos geofísicos têm tido um papel fundamental, têm conseguido mostrar que muito do que julgávamos saber sobre a dinâmica do interior da Terra eram... afinal aproximações grosseiras. Subducções que afinal são capazes de chegar até à fronteira manto-núcleo, supercontinentes que têm surgido de uma forma mais ou menos regular ao longo do tempo geológico, não como o resultado de um processo algo aleatório mas sim integrados num ciclo dos supercontinentes, gigantescas plumas quentes e... frias... que governam muita da dinâmica interna do nosso planeta... são apenas alguns dos aspectos apaixonantes que estão a introduzir uma reviravolta enorme na tectónica de placas. Estes são assuntos que não serão abordados detalhadamente neste livro (talvez num próximo...), pois este não pretende ser um manual de tectónica de placas. Com efeito, não se pretendeu discutir detalhadamente os fundamentos dos *porquês* de todos os processos, mas descrever apenas alguns dos aspectos que irão permitir ao leitor enquadrar melhor a espectacular história da Geologia de Portugal.

Vila do Bispo, Agosto de 2018



NOTA DO AUTOR

*Educar não é encher um balde mas acender uma fogueira.
WILLIAM BUTLER YEATS, poeta irlandês (1885-1939)*

Vivemos rodeados de informação. O vertiginoso desenvolvimento científico e tecnológico dos últimos 20 ou 30 anos levaram a que, com tecnologias relativamente acessíveis consigamos, não só achar em segundos a resposta à generalidade das nossas questões, mas até a resposta a dúvidas que nem sequer tínhamos a noção que tínhamos. Com efeito **a informação atropela-nos** mesmo que não a procuremos. Basta-nos caminhar nas ruas de muitas cidades para que os nossos telemóveis comecem a receber automaticamente informação enviada dos locais envolventes que nem sequer sabíamos que existiam. Dezenas de canais televisivos estão à distância de alguns toques nos telecomandos... centenas de livros novos competem pelo espaço das prateleiras das livrarias... milhares de *blogs* lutam por alguns breves momentos de atenção e... muitas vezes conseguem. Inevitavelmente a nossa atenção dispersa-se no meio de tantas solicitações... a tendência para o consumo rápido tende a imperar.

*Me entristece o quanto fomos deixando de escutar.
Deixámos de escutar as vozes que são diferentes, os silêncios que são diversos.
E deixámos de escutar não porque nos rodeasse o silêncio.
Ficámos surdos pelo excesso de palavras, ficámos autistas pelo excesso de informação.
MIA COUTO, escritor moçambicano (1955-)*

Incapazes de manipular as quantidades colossais de informação que nos rodeia, tendemos a confundir a rápida acumulação de **informação** com o lento processo de **formação**. Infelizmente, esta tendência tem vindo a acentuar-se nos últimos tempos; já deixou de ser uma mera opção pessoal convertendo-se num dos motores da nossa Sociedade. Com efeito, os jornais que se limitam a acumular notícias de fácil assimilação vendem muito mais que os que apresentam notícias que nos obrigam a reflectir. Os programas de televisão de consumo rápido disparam as audiências, enquanto os com ideias / conteúdos capazes de desafiar a maneira como observamos o Mundo, estão normalmente limitados a nichos de mercado.

*Não vemos as coisas como são: vemos as coisas como somos.
ANAI'S NIN, escritora francesa (1903-1977)*

A existência de um público sedento de informação rápida, tende a influenciar a própria produção da informação, levando a um círculo vicioso. Com efeito, os conteúdos que apostam na informação em detrimento da formação moldam o público, que deixa de estar disponível para conteúdos que impliquem o gasto de muito **tempo**. Esta é uma realidade que é necessário ter em conta no processo de comunicação em Ciência, principalmente quando se pretende **divulgar Ciência** junto do grande público. Se por um lado há que fugir da tentação de simplificar ao máximo para conseguir grandes audiências, por outro, a necessidade de fazer compreender os processos em vez de nos limitarmos a apresentar os factos, tende a afastar estas audiências. O equilíbrio entre estes dois extremos não é fácil e, muitas vezes tem levado à existência de processos ditos de comunicação de Ciência, vazios de conteúdos ou, onde estes são extremamente incipientes. Infelizmente esta situação chega por vezes a reflectir-se nos próprios *curricula* elaborados pelo Ministério da Educação onde os factos abundam mas... a compreensão dos processos é negligenciada.

*Assim como uma casa é feita de tijolos, a Ciência é feita de factos.
Mas assim como uma pilha de tijolos não é uma casa,
um amontoado de factos não é Ciência.
HENRI POINCARÉ, matemático, físico e filósofo francês (1854-1912)*



VOLUME _ 1

DA DINÂMICA GLOBAL
AOS PROCESSOS
GEOLÓGICOS

Portugal

.....
**de an
tes da
Histó
ria**
.....
.....

Perceber a evolução geológica de uma região implica conhecer uma série de conceitos básicos (e outros menos básicos) de geodinâmica. Embora o objectivo não seja de modo nenhum fazer um manual exaustivo de geodinâmica, os próximos capítulos reveem aquilo que será fundamental conhecer para que a história geológica de Portugal possa ser vista como algo coerente e dinâmico e não como uma colecção de factos desconexos.



Onde ler_





A

Abukuma_268, 297
 Acidez das rochas_328
 Açores_81
 Advecção_291-292, 346, 353
 Afanítica (textura)_46, 324
 Alcalinidade_343
 Alpes_104-105, 211, 277-282
 Anatexia crustal_353
 Andes_61, 298-299
 Andalusite_212-213, 226
 Anédrico (cristais)_323
 Anomalia magnética_48-
 Aragonite_211-212
 Arco continental_54, 351-353
 Arco Gibraltar_83
 Arco insular_54, 92, 299, 354-356
 Arco magmático_55-56
 Ardósia_244, 249
 Arenito_236, 241-243
 Argilite_241-243
 Astenosfera_316-317, 319
 Atol_127-128
 Aulacógeno_118
 Auréola de metamorfismo_293

B

Bacia de ante-arco_55-56, 299, 302
 Bacia de retro-arco_55-56, 84, 354-356
 Bacia de zonas externas_62
 Bandas de deformação_237-238
 Barroviano_268, 299, 305
 Blastese_227, 269
 Braquiópodes_186
 Bowen_ver "Série de Bowen"
 Buchaniano_268

C

Cadeia orogénica_197
 Calcite_211-212
 Campo magnético terrestre_48-49, 193, 316
 Campo de tensões_237, 239, 273, 415
 Carbonato de cálcio_211-212
 Cárpatos_105
 Carreamento_258
 Catastrofistas_21-23
 Células de convecção_123, 142, 147, 199, 291-292, 319
 Cemitério de placas_141
 Chaminés_311
 Chipre_312
 Cianite_212-213
 Ciclo das Rochas_219-220, 222

ONDE LER?

Portugal de antes da História //// 600 milhões de anos de Evolução
 //// Volume_1 //// Da dinâmica global aos processos geológicos

- Ciclo Hidrológico_219
- Ciclo dos Supercontinentes_155
- Ciclo de Wilson_36, 73
- Cisalhamento puro_39-40, 253, 416
- Cisalhamento simples_39-40234, 256, 259, 416
- Classificação cromática das rochas magmáticas_329
- Clivagem_243
- Clivagem de fractura_245
- Clivagem/refracção_250
- Coesite_211, 282-283, 285-287
- Colapso gravítico_100
- Correntes de convecção_123, 142, 147, 199, 291-292, 319
- Clastos_238-239
- Clivagem_243-244, 249
- Coaxial - Não coaxial_420-421
- Colapso tardi-orogénico_101, 106
- Colisão_89, 93
- Compactação diagenética_241
- Competente_245
- Complexo dique em dique_46-47
- Complexo Franciscano_298, 301-303
- Complexo de Núcleo Metamórfico_107
- Condução_198, 316, 323
- Condutibilidade térmica das rochas_319
- Contaminação de magmas_342, 354
- Continentes em fitas (*ribbon continents*)_98
- Convecção_199, 291
- Corneana_216, 294
- Crescimento sintaxial_236
- Crista meso-oceânica_117-118, 309, 340, 348-350
- Cristalização_323
- Cristalização fraccionada_327, 342, 354
- Cristobalite_211
- Crosta_28
- Crosta continental_30
- Crosta oceânica_30, 35, 45-46, 309
- Crosta oceânica (idade)_57, 160
- Cunha Tectónica_96-97
- Cuvier (George)_21, 375

D

- Dalradiano_268
- Darwin (Charles)_21
- De baixo para cima / de cima para baixo_148, 150
- Decão_ ver "*Trapp* do Decão"
- Declinação magnética_191, 193
- Defeitos cristalinos_234-235, 237
- Deformação_225
- Deformação intergranular_242-243
- Deformação pele espessa_62
- Deformação pelicular_62
- Deformação progressiva_229

- Delaminação da litosfera_353
- Depósitos rifte_42-43
- Deriva dos Continentes_27-30
- Deriva litoral_180
- Deriva polar_191-192, 195-196
- Descompressão adiabática_319, 323
- Descontinuidade por rotura_51
- Diacronismo_231, 246
- Diagénese_222, 236
- Diagrama de compatibilidade_216
- Diagrama de fases_208, 219
- Diagrama de fases da água_208-209
- Diamante_209-210, 283
- Diapirismo_302
- Dinossáurio_187
- Disconformidade_378-379
- Discordância angular_24-26, 378-379
- Distena_212-213
- Distorção_225
- Dobra_381
 - Anticlinal-Sinclinal_41, 392-396
 - Antiforma-Sinforma_389-390
 - Charneira_382
 - Dobra deitada_384
 - Dobra em bacia_386-387
 - Dobra invertida_384
 - Dobra tombada_384
 - Dobra vertical_384
- Dobra neutra_389
- Eixo_382
- Flanco_382-383
- Plano axial_382-383
- Vergência_397-398
- Dobramento concêntrico_251
- Dobramento similar_251
- Dora Maira_211, 277, 282, 286
- Dúctil_338, 402
- E**
- Eclogito_286, 302-303, 351
- Educação mantélica_303
- Efeito cobertor_148
- Eixos cinemáticos_242
- Encurtamento paralelo às camadas_242
- Endurecimento por deformação_235
- Energia interna de deformação_237
- Epirogénicos (movimentos)_120
- Escoadas_331
- Escorregamento na fronteira dos grãos_243
- Espilitos_310
- Escalas_225
- Estratigrafia_367
- Euédrico_238, 323, 326
- Eventos metamórficos_229
- Expansão dos fundos oceânicos_48

- Extroversão_155-156
- Extrusão por fluxo canalizado_307-308
- Extrusivas_221
- F**
- Fabric_239
- Fácies metamórfica_265-267, 283
- Factores de metamorfismo_223
- Faixa Piritosa_312
- Faixas metamórficas emparelhadas_297-300
- Falhas_401
 - Caixa de falha_402-404
 - Campo de tensões_413-415
 - Carreamento_404
 - Cavalgamento_404
 - Desligamento_404
 - Estrias_409
 - Falhas conjugadas_414-415
 - Falha inversa_403
 - Falha lítrica_41, 407
 - Falha normal_403
 - Falha transcorrente_404
 - Falha transformante_32, 67, 405
 - Rejeito_408
- Falha de Santo André_298, 300-301, 303
- Fanerítica (textura)_46, 325-326
- Faixa de dobras e cavalgamentos_62
- Fases de deformação_225, 229
- Fenocristais_323
- Filito / filádios_244
- Filões_325-326
- Filossilicatos_241
- Fluidos hidrotermais_310-312
- Flutuabilidade_75, 148, 152
- Fluxo canalizado_96-96
- Folhelho_241
- Foliação diagenética_241
- Fontes hidrotermais_310
- Forças nas placas_151-153
- Fossas oceânicas/abissais_54-55
- Fossa das Marianas_209
- Fotossíntese_312
- Frágil_229, 325, 338, 402
- Franciscaniano_268, 297-299
- Fronteiras convergentes_232, 97
- Fronteiras conservativas_32, 67
- Fronteiras difusas_121
- Fronteiras divergentes_32
- Fronteiras Placas_125
- Fulguritos_114
- Fumarolas_311-312
- Fusão_222
- Fusão parcial_333

G

Geotermobarometria_269
 Glaciações (isostasia)_119-120
*Glossopteris*_160-161, 178-180
 Gnaiss_223, 255-259
 Goldich_ ver “série de Goldich”
 Gondwana_278
 Graben_40-41
 Gradiente geobárico_197
 Gradiente químico_294
 Gradiente geotérmico_198, 200, 317
 Grafite_209-210
 Grande Província Magmática (LIP)_134-135, 338, 357-358
 Granito_328, 333, 353-354
 Granotriagem_250
 Granulito_300
 Grau geotérmico_200, 292
 Grauvaque_52

H

Havai_127-128
 Hibridização_342
 Hidromagmáticos (elementos)_342
 Himalaias_93-95, 97, 305-308, 418
 Hipabissal_325
 Horst_414
 Hutton (James)_21

I

Iapetus_181
 Idade crosta oceânica_57, 160
 Ilite_222
 Impactitos_224
 Impulsão_199, 333, 336-338
 Incompetente_245
 Indentação_102-103, 106
 Introversão_155-156
 Intrusivas_221
 Inversão de bacias_64-65
 Inversões de polaridade_48-50
 Islândia_137-138
 Isógradas de metamorfismo_261-264
 Isostasia_111-117
 Isotérmicas_202, 292

J

Japão_297

K

Kimberlito_210
 Komatiito_327, 329

L

Laurásia_278
 Lava_323
 Lavas em almofada_47
 Levantamento (uplift)_62
 Lineação de estiramento_256
*Liquidus*_315, 317
 Litosfera_203, 316, 323
 Lousa_244
 Lyell (Charles)_21

M

Magma_221, 323, 333
 Magma primário_342
 Magmatogénese_317-321
 Malha cristalina_233-235, 324, 332
 Manto_28, 213-214
 Mar Vermelho_45
 Margem activa/passiva_51, 73-74
 Mármore_223, 240, 294
 Matriz_236, 323
 Mélange tectónica_302
 Mesosfera_316
*Mesosaurus*_160-161, 178-180
 Meta-estável_209-210
 Metamorfismo_222, 223
 Metamorfismo de contacto_216, 221, 291-295

Metamorfismo inverso_305-308
 Metamorfismo oceânico_309-310
 Metamorfismo polifásico_229
 Metamorfismo prógrado_206-207
 Metamorfismo retrógrado_206-207
 Metamorfismo regional_221, 291, 295, 297
 Metassomatismo_215-216, 294, 303, 342
 Metassomatismo oceânico_310
 Meteorização química_328
 Microlitons_245
 Migmatitos_221, 222
 Milonito_259
 Minerais ante-cinemáticos_243-244
 Minerais índice_261-265
 Minerais sin-cinemáticos_244
 Mistura de magmas_342, 354
 Mistura tectónica_302
 Modelação análoga_203-204
 Moho_28, 47, 198
 Molasso_64
 Mousse de chocolate_318
 Miyashiro_297

N

Não conformidade_378-379
 Neoblastos_238
 Neotétis_66, 305

Nicolaus Steno_367

Nova Zelândia_298

Núcleo_28

Núcleo externo_316

Núcleo interno_316

O

Obsidiana_324, 332

Ofiolito_95, 162, 312

Olistólito_302

Olistostroma_302

Olivina_213-214, 335

Ondas sísmicas S_316-317

Ondas sísmicas P_316-317

Ordovícico_184-185

Órógeno/orogenia de colisão_305

Ortoversão_158

P

Paleogeografia_161, 173-177

Paleolatidade_193

Paleomagnetismo_195-196

Pangeia_27, 159-162, 189, 278

Paraconformidade_378-379

Paragénese mineral_266

Pegmatítica (textura)_325-327

Percurso **PTt**_206, 269-273

Peridotito_213, 334-335

Piroclasto_331

Placas:

Placa Antártida_77

Placa Apúlia_279-281

Placa Arábica_45, 67, 109

Placa Australiana_90-91

Placa Caraíbas_77

Placa Cocos_77, 300

Placa Eurasiática_67, 81, 90, 144, 306

Placa Farallon_300-302

Placa Filipinas_90, 144

Placa Indiana_66, 102-103, 305

Placa Indo-Australiana_144

Placa Juan de Fuca_300

Placa Nazca_63

Placa Norte-Americana_300

Placa Núbia_37, 45, 67, 81

Placa Pacífico_57, 90, 144, 298

Placa Scotia_77

Placa Somália_37, 45, 67

Placa Sul-Americana_63, 77

Placa Sunda_144

Placas amolecidas_167-169, 313

Placas tectónicas_31-32, 69, 317

Planície abissal_52

Plataforma continental_51

- Plumas convectivas_129-130
 - Plumas mantélicas_319, 338, 356
 - Plutónicas_221
 - Plutónicas (texturas)_325
 - Polaridade_240_250
 - Poligonização_238-239
 - Polimetamorfismo_229
 - Polimorfismo/polimorfos_209
 - Pontes continentais_179
 - Ponto crítico_209
 - Pontos húmidos_136
 - Pontos quentes_129-130, 136, 145, 315
 - Porfírica (textura)_324
 - Porfiroclastos_238-239, 256, 258
 - Porfíroide (textura)_325-326
 - Potencial de Oxi-redução_217
 - Pressão dos gases_330-331
 - Pressão hidrostática_310
 - Pressão litostática_197-198, 269, 273, 330, 334
 - Pressão tectónica_198
 - Princípio de Arquimedes_113-114, 333
 - Princípios fundamentais da Geologia_367
 - Causas Actuais_21, 23
 - Continuidade lateral_180, 370
 - Horizontalidade inicial_368-369
 - Inclusões_373-374
 - Intersecção_372
 - Sobreposição de estratos_370-371
 - Sucessão de faunas_180; 375-376
 - Prisma acrecionário_55
 - Profundidade-Pressão litostática_269-271
 - Protólito_255, 261
- Q**
- Quadro das divisões estratigráficas_21-22, 183-185, 377
 - Quartzito_235-236, 238-240, 243, 249
 - Quartzo_211, 235
 - Quimiossíntese_312
- R**
- Rampa continental_52
 - Recristalização_237, 239
 - Recuperação cristalia_239
 - Recursos minerais hidrotermais_312
 - Refracção da clivagem_250
 - Regressão_52, 173
 - Reunião (ponto quente)_130-132, 338
 - Rheic_181
 - Rifte intracontinental_37-38, 46, 67, 345-348, 419
 - Rifte oceânico_45, 67, 348-350
 - Rifting activo e passivo_38, 345-346
 - Rochas Magmáticas_220-221

- Rochas magmáticas (classificação)_327-332
- Rochas Metamórficas_220-221
- Rochas Sedimentares_220-221
- Rolamento para trás_149, 153
- S**
- Sambagawa_268
- Saturação em sílica dos magmas_329
- Sedimentos Rift_42-43
- Série de Bowen_327-328
- Série de fácies metamórficas_267-268
- Série de Goldich_328
- Séries magmáticas_343-344
- Serpentinitos/Serpentinização_302-303, 312
- Silimanite_212-213
- Sin-cinémático_225
- Sierra Nevada_298_301
- Sismicidade_44, 89
- Sismo de 1755_79-81
- Sistema aberto_215, 295
- Sistema fechado_214, 296
- Skarn*_293-294
- Sobrepressão tectónica_273, 285
- Soco_42
- Solidus*_315, 323
- Solidus* hidratada_319-321
- Solução por pressão_236-237
- Sondagem profunda_141
- Stishovite_211
- Stockwork*_293-294
- Streckeisen (classificação)_330
- Subsidência_118
- Subducção_53-54
- Subducção (acoplamento)_56-57
- Subducção (arcos)_77
- Subducção (acrecção/erosão)_61
- Subducção (convergência/divergência)_58-60
- Subducção (fracturação da placa)_97
- Subducção (inclinação)_56
- Subducção (início)_85
- Subducção (magmatismo)_351-356
- Subducção (mecanismos)_73
- Subducção (vergência)_98
- Subgranulação_237-238
- Subpressão tectónica_273, 285
- Supercontinente_148-149, 155, 157-158
- Superplumas quentes_143, 145
- Superplumas frias_143
- T**
- Tabela Cronostratigráfica_ ver "Quadro das divisões estratigráficas"
- Talude_52
- Taxa de deformação_169, 338

Tectónica em lascas (flake tectonics)_98-99
 Tectónica de Placas Amolecidas_ 167-169
 Tectónica de Placas Rígidas_168
 Temperatura de cristalização_327
 Tempo geológico_23, 35
 Tensão_223
 Teor de sílica_327-328
 Terreno_305
 Tétis_279
 Tetrápodes_187-189
 Textura_324-325, 327
 Timor_90-91
 Transgressão_173
 Transpressão_418, 422
 Transtracção_419, 423
*Trapps*_132, 357-358
 Trapps do Decão_130-134, 338
 Transposição_252-254
 Tridimite_211
 Trilobites_181-182
 Turbidito_52
 Tuzo Wilson_32, 36

U

Ultra-alta pressão_96, 282-287
 Uniformitarismo_21
 Uniformitaristas_21

Portugal de antes da História //// 600 milhões de anos de Evolução
 //// **Volume _1** //// Da dinâmica global aos processos geológicos

V

Vidro vulcânico_324
 Viscosidade dos magmas_324, 332
 Viscoso_30, 319
 Vítreia (textura)_324
 Vitrofírica (Textura)-324
 Vulcânicas_221
 Vulcânicas (texturas)_325
 Vulcanismo explosivo_330-331
 Vulcões (distribuição)_340

W

Wegener_27
 William Smith_377

X

Xisto_244
 Xistos argilosos_241
 Xistos azuis_297, 300, 302-303
 Xisto luzente_244
 Xistosidade_244

Y

Z

Zagros (montanhas)_109

Zona de baixa velocidade_316-317

Zona de cisalhamento_230-231, 401-402

Zona metamórfica_262-264, 300, 305

Zona de subducção_297, 300

Zona triangular_251-252

Zonamento composicional_28

Zonamento físico_29

 Litosfera_29-30

 Astenosfera_29-30

 Mesosfera_29

 Núcleo externo_29

 Núcleo interno_28



FICHA TÉCNICA

Título _Da Dinâmica Global aos Processos Geológicos

Autor _Rui Dias / Universidade Évora / Centro Ciência Viva de Estremoz /
/ Instituto de Ciências da Terra

Colaboração _ António Ribeiro / João Duarte

Imagens _Rui Dias

Design e paginação _Formiga Luminosa

Impressão _Ligrate, Lda

Editado por _Centro Ciência Viva de Estremoz

Espaço Ciência

Convento das Maltezas 7100-513 Estremoz

Todos os direitos reservados

1ª Edição _Dezembro de 2019

_Depósito legal _464241/19

_ISBN - 978-989-95398-6-0

_Tiragem - 1000 exemplares



