



Manual do Aluno
GEOLOGIA
10.º ano de escolaridade



Projeto - *Reestruturação Curricular do Ensino Secundário Geral em Timor-Leste*

Cooperação entre o Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento, a Fundação Calouste Gulbenkian, a Universidade de Aveiro e o Ministério da Educação de Timor-Leste
Financiamento do Fundo da Língua Portuguesa

Título

Geologia - Manual do Aluno

Ano de escolaridade

10.º Ano

Autores

Dorinda Rebelo

António Andrade

Jorge Bonito

Luis Marques

Coordenador de disciplina

Luis Marques

Colaboração das equipas técnicas timorenses da disciplina

xxxxxxx

xxxxxxx

xxxxxxx

Ilustração

Joana Santos

Rui Pereira

Design e Paginação

Esfera Crítica Unipessoal, Lda.

Carla Lopes

Impressão e Acabamento

Centro de Impressão do Ministério da Educação e Cultura

ISBN

978-989-8547-15-6

Tiragem

1.000 exemplares

1ª Edição

Conceção e elaboração

Universidade de Aveiro

Coordenação geral do Projeto

Isabel P. Martins

Ângelo Ferreira

Ministério da Educação e Cultura de Timor-Leste

2018

Os sítios da Internet referidos ao longo deste livro encontram-se ativos à data de publicação. Considerando a existência de alguma volatilidade na Internet, o seu conteúdo e acessibilidade poderão sofrer eventuais alterações.

Unidade Temática

1

Timor-Leste: viver e conviver

- 8 1.1. Situação geográfica de Timor-Leste
- 11 1.2. Situação geológica de Timor-Leste
- 14 Síntese
- 14 Sítios Web úteis
- 14 Avaliação

Unidade Temática

2

A Terra: o ovo e a casca

- 18 2.1. A Terra solar
- 30 Síntese
- 30 Questões em aberto
- 30 Sítios Web úteis
- 30 Avaliação
- 33 2.2. A Terra profunda
- 47 Síntese
- 48 Questões em aberto
- 48 Sítios Web úteis
- 48 Avaliação
- 50 2.3. A Terra Inquieta
- 61 Síntese
- 62 Questões em aberto
- 62 Sítios Web úteis
- 63 Avaliação
- 64 Aprofundamento

3

Rochas e minerais: os tijolos da Terra

68	3.1. Minerais – o mundo da ordem
75	Síntese
75	Sítios Web úteis
75	Questões em aberto
75	Avaliação
76	3.2. O ciclo das rochas: por onde começar?
78	3.2.1. Magmatismo e rochas magmáticas
91	Síntese
91	Sítios Web úteis
91	Questões em aberto
91	Avaliação
93	3.2.2. Sedimentação e rochas sedimentares
107	Síntese
108	Sítios Web úteis
108	Questões em aberto
108	Avaliação
111	3.2.3 Metamorfismo e rochas metamórficas
124	Síntese
124	Sítios Web úteis
124	Questões em aberto
124	Avaliação
125	Aprofundamento

4

Deformação das rochas: a força da Terra

133	4.1. As falhas e as dobras
140	4.2. Os níveis estruturais da crosta continental
142	4.3. Da planície à montanha, da montanha à planície
146	Síntese
146	Questões em aberto
147	Sítios Web úteis
147	Avaliação
148	Aprofundamento

O que somos...

Ouvindo os noticiários na rádio ou na televisão e lendo os jornais, encontras notícias relacionadas com diversos fenómenos que ameaçam as populações, tais como:

- a ocorrência de sismos, em terra e no mar;
- a atividade vulcânica;
- os fortes tufões trazendo vento e chuva indesejáveis.

Mas aparecem também notícias mais agradáveis como, por exemplo:

- a descoberta de recursos minerais em determinados locais, como é o caso do petróleo;
- a identificação de novos reservatórios de água subterrâneos;
- o conjunto de condições naturais adequadas para a construção de um grande empreendimento industrial ou turístico.

São tema de notícia, ainda, os apelos à responsabilidade que cada um de nós tem em contribuir para preservar o ambiente, no qual gostamos de viver, garantindo a sua qualidade para as gerações futuras.

Os temas que vão ser objeto do programa de Geologia, transversais a outras disciplinas, nomeadamente Física, Química e Biologia, vão ajudar-te a compreender melhor muitas das notícias anteriormente referidas e a entender como funciona o planeta Terra, que é a nossa única casa nesta imensidão do Universo.

Os saberes aqui conseguidos constituem, também, os alicerces para o prosseguimento de estudos no ensino superior, onde serão alargados e aprofundados de modo a adquirires as competências necessárias ao exercício de uma atividade profissional – engenheiro, geólogo, arquiteto, professor, ... – intervindo de uma maneira científica e responsável na sociedade onde vives.

O sucesso das aprendizagens neste ano de escolaridade vai, em parte, depender da forma como fores capaz de usar este manual. Nele encontras diferentes unidades temáticas e respetivos subtemas. Cada uma das unidades começa com questões, através das quais se pretende estimular a tua curiosidade. As metas de aprendizagem, bem como os conceitos-chave a adquirir e/ou recordar, também são indicados. Ao longo da unidade encontrarás informação diversificada (em textos, imagens, esquemas) onde podes aprofundar aquela informação e ainda definições para os conceitos-chave (destacadas como notas de margem e no glossário próprio geral, no final do manual).

Existem questões – problematizar – às quais poderás acrescentar outras por ti formuladas, pelos teus colegas ou pelo professor, que vão orientar a realização das diferentes atividades práticas propostas, de acordo com as orientações do professor.

No final de cada um dos subtemas encontram-se sínteses sobre as temáticas estudadas, que te ajudam a sistematizar o conhecimento que vais construindo. A estas ideias-chave poderás acrescentar outras que, na tua opinião, sejam relevantes, e partilhá-las com o professor. Encontrarás, ainda, uma referência a questões em aberto para cada subtema, as quais correspondem a situações ainda não completamente esclarecidas.

O aprofundamento dos conteúdos estudados em cada um dos subtemas pode ainda ocorrer através de alguns sítios Web considerados úteis.

Finalmente, são propostas questões para te ajudarem a fazer a autoavaliação das aprendizagens efetuadas.

Os seres humanos vivem em comunidades integradas por indivíduos, que podem refletir sobre a sua própria existência e a dos demais. Com o seu pensamento e viver vão configurando os mundos onde habitam. Compreender que toda a comunidade é uma interação de cada indivíduo com o outro é entender a natureza do social. Os desejos dos próprios indivíduos geram uma cultura múltipla que eles mesmos integram. E esta unidade temática – **Timor-Leste: viver e conviver** – é um contributo para essa compreensão. Descobrir numa diversidade a unidade é contribuir para a boa convivência e para a harmonia das gerações que permitem produzir conhecimento, riqueza e prosperidade nas gerações futuras.

Timor-Leste localiza-se numa interessante encruzilhada dos pontos de vista geográfico e geológico. Vamos perceber melhor onde estás neste momento.

Vem daí!



1. Timor-Leste: viver e conviver

1.1. Situação geográfica de Timor-Leste

1.2. Situação geológica de Timor-Leste

Unidade Temática 1 | Timor-Leste: viver e conviver

O tema **Timor-Leste: viver e conviver** é um convite para que conheças o local onde vives e as afinidades que ele estabelece, geográfica e geologicamente, com as zonas circundantes. Compreenderás que com a vizinha Indonésia existem fortes ligações geográficas, enquanto que com a Comunidade da Austrália estas ligações são mais de natureza geológica.



Que tipo de relação geográfica e geológica estabelece Timor-Leste com a Indonésia e a Comunidade da Austrália?

Qual é a localização geológica de Timor-Leste?

Ao longo desta Unidade Temática vais encontrar resposta para estas questões. O trabalho que desenvolveres vai ajudar-te a construir conhecimentos e a adquirir competências que te permitirão atingir as metas de aprendizagem definidas no programa da disciplina:



Conceitos-chave

- Arco de Banda
- Crusta continental
- Crusta oceânica
- Litosfera
- Localização geográfica de Timor-Leste
- Localização geológica de Timor-Leste
- Mapa geológico
- Placas tectónicas



Metas de aprendizagem

- Localiza a ilha de Timor no Arquipélago da Indonésia e no Mundo
- Explica a proximidade geográfica de Timor-Leste da Indonésia e a proximidade geológica, da Austrália

1.1. Situação geográfica de Timor-Leste

Onde estou?

Esta curta questão foi, desde cedo, uma das grandes inquietações de pensadores e desenhadores, que procuravam realizar uma descrição gráfica dos territórios e dos locais habitados.

O poeta timorense Fernando Sylvan não teve dúvidas ao escrever que “a praia e o mar das crianças não têm fronteiras”. E um outro poeta, português, Álvaro de Campos, começou assim uma das suas poesias: “ah, onde estou ou onde passo, ou onde não estou nem passo”.

A Figura 1.1. representa o mapamundo e Timor-Leste. No mapa, Timor-Leste, com 15 007 km², é pouco mais que um ponto, sendo a mais oriental e a maior das mais pequenas ilhas que compõem o grande Arquipélago Malaio (ou Insulíndia). Dele fazem parte, também, o enclave costeiro de Oecussi e Ambeno (*Oe-Kusi Ambenu*), na costa norte da parte Indonésia da ilha de Timor e as ilhas de Atauro (*Pulo Cambing*),



Figura 1.1. Mapamundo com a localização geográfica de Timor-Leste.

situadas a norte de Timor, e o ilhéu de Jaco (*Nusa-besi*), na ponta leste da ilha. Contudo, este país é claramente uma encruzilhada. Tem uma localização notável, entre os continentes asiático e australiano, distando deste cerca de 550 km. Pode dizer-se que se situa, também, entre os oceanos Índico e Pacífico, conforme mostra Figura 1.2.

Timor-Leste situa-se no sudeste Asiático ou a sudoeste do Pacífico?

Admitamos as duas possibilidades. Para entenderes melhor esta questão temos de mudar de escala, ou seja, passar da escala global à regional, tornando as ligações geográficas mais nítidas, embora menos abrangentes.

O continente asiático, no seu extremo sudeste (península de Malaca), parece desaparecer debaixo das águas do Pacífico, conforme mostra a Figura 1.2, para reaparecer pouco depois sob a forma de uma multidão de ilhas, umas grandes, outras pequenas (Sumatra, Java, Bornéu, Filipinas, Molucas, Nova Guiné, entre outras).

O aspeto mais notável, a nível regional, é o **arco insular** dado pelo rosário de ilhas alinhadas em arco com a concavidade progressivamente virada para noroeste, designado de **Arco de Banda**. Trata-se de um arco duplo, distinguindo-se nele um alinhamento norte (Arco Interno) e um alinhamento sul (Arco Externo). O Arco Externo é de natureza essencialmente sedimentar e localiza-se desde a costa oeste de Sumatra (arquipélago de Mentawai) até às ilhas de Timor, Buru e Seram. O Arco Interno, vulcânico, compreende as grandes ilhas de Sumatra e de Java, assim como uma parte das pequenas ilhas de Sonda.

Arco insular

Conjuntos de ilhas que se distribuem num ou mais alinhamentos geralmente curvos formando arcos.

Arco de Banda

O mesmo que (m.q.) Arco de Sonda e Arco da Indonésia.



Figura 1.2. Mapa com a localização de Timor-Leste.

A ilha de Timor pertence, como se disse, ao Arco Externo, mas a ilha de Ataúro situa-se no Arco Interno, sendo esta mais uma das particularidades geográficas de Timor-Leste. Daqui resulta que as suas afinidades geográficas, à escala regional, são muito maiores com o arquipélago indonésio do que com o continente australiano.



Problematizar

Como poderemos caracterizar a situação geográfica de Timor com mais detalhe?

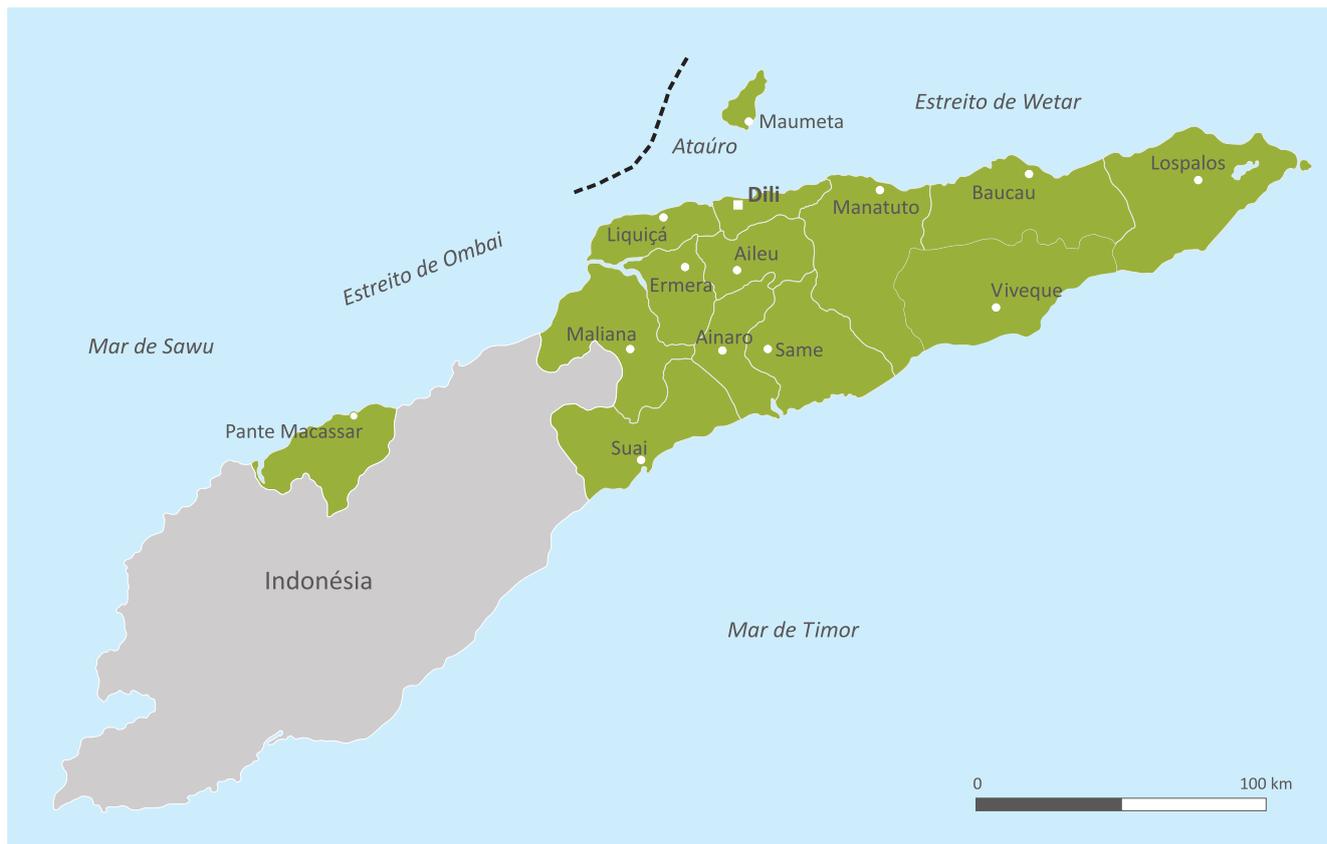
Atividade 1.1

Analisa a Figura da página seguinte e responde às questões propostas.

1. Caracteriza, tendo por base o que estudaste na disciplina de Geografia e a Figura anterior, Timor-Leste quanto:
 - à situação geográfica;
 - à área;
 - aos limites.

Se necessitares, consulta o sítio Web <http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/10864>.

2. Discute o reflexo da localização geográfica de Timor-Leste nas relações comerciais e sociais com os países vizinhos.
3. Partilha na turma o trabalho realizado.



E o que acontece com a situação geológica de Timor-Leste ?

1.2. Situação geológica de Timor-Leste

Timor-Leste tem, geograficamente, afinidades com a Indonésia sendo, aliás, o único país com quem estabelece fronteira terrestre. Mas quando analisarmos a natureza geológica do território descobriremos uma relação distinta.

Começemos por observar o mapa da Figura 1.3, onde estão representadas as diversas placas tectónicas atualmente reconhecidas à superfície do globo pelos **geocientistas**.

Estudarás, mais adiante, que a Terra é como que um ovo cozido com a casca partida. Na linguagem dos geólogos, a casca corresponde à **litosfera** e os pedaços de casca às **placas tectónicas**.

A grande placa do Pacífico agrega à sua volta um mosaico circum-pacífico, de outras placas, umas maiores, como a Euroasiática e a Indoaustraliana, e outras mais pequenas, como a das Filipinas e a de Nazca.

Geocientista

Especialista em ciências relacionadas com a Terra (geografia física, geologia, geofísica, etc.).

Litosfera

Camada exterior e rígida do planeta. A sua espessura é variável, com a média de 100 km.

Placa tectónica

O m.q. placa litosférica. Porção da litosfera independente e maciça. Cada placa goza de uma certa liberdade para se mover independentemente das placas que a rodeiam. Podemos pensar que, seguindo o exemplo das grandes calotes de gelo no mar polar, as placas litosféricas estão separadas em alguns locais e podem chocar entre si. O modelo da calotes polares é interessante para que entendamos estes movimentos, contudo, não o poderemos levar demasiado longe, porque não traduz, com fidelidade, o modelo real das placas litosféricas.

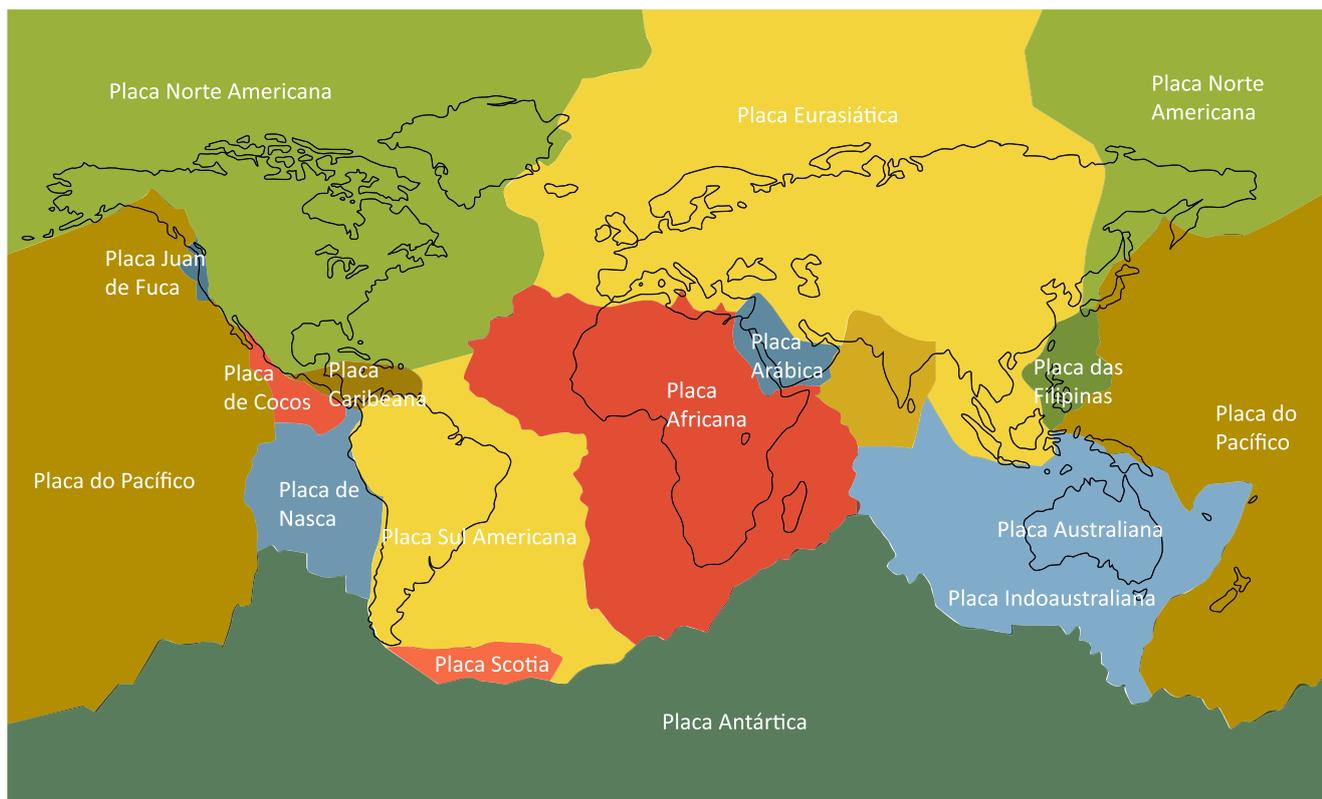


Figura 1.3. Mapa com as placas tectónicas.

Mapa geológico

O m.q. carta geológica. Mapa onde estão representadas as informações geológicas da superfície da Terra.

Crusta continental

Parte superficial da litosfera, de natureza granítica, que tem espessura média de 30-35 km, podendo atingir 70 km nas zonas das grandes montanhas.

Crusta oceânica

Parte superficial da litosfera, de natureza basáltica, mais densa que a crosta continental. Pode atingir a profundidade média de 6-7 km.

A localização geológica de Timor-Leste não é assim tão fácil de definir, como poderias ter pensado. Se reparares com pormenor, os mapas costumam situar Timor-Leste junto do contacto entre as placas Euroasiática e a Indoaustraliana e perto das placas do Pacífico e das Filipinas. Curiosamente, nesses mapas, Timor-Leste fica já do lado euroasiático, o que é, muito provavelmente, uma conceção errada. Veremos, de seguida, o fundamento desta afirmação, mas teremos de mudar de escala, passando para a regional.

Analisaremos, agora, um **mapa geológico** muito simplificado, como o que consta na Figura 1.4, que nos dá conta da distribuição regional da **crusta continental** e da **crusta oceânica**. A crosta é a parte mais superficial das placas.

? O que nos indica o mapa seguinte?

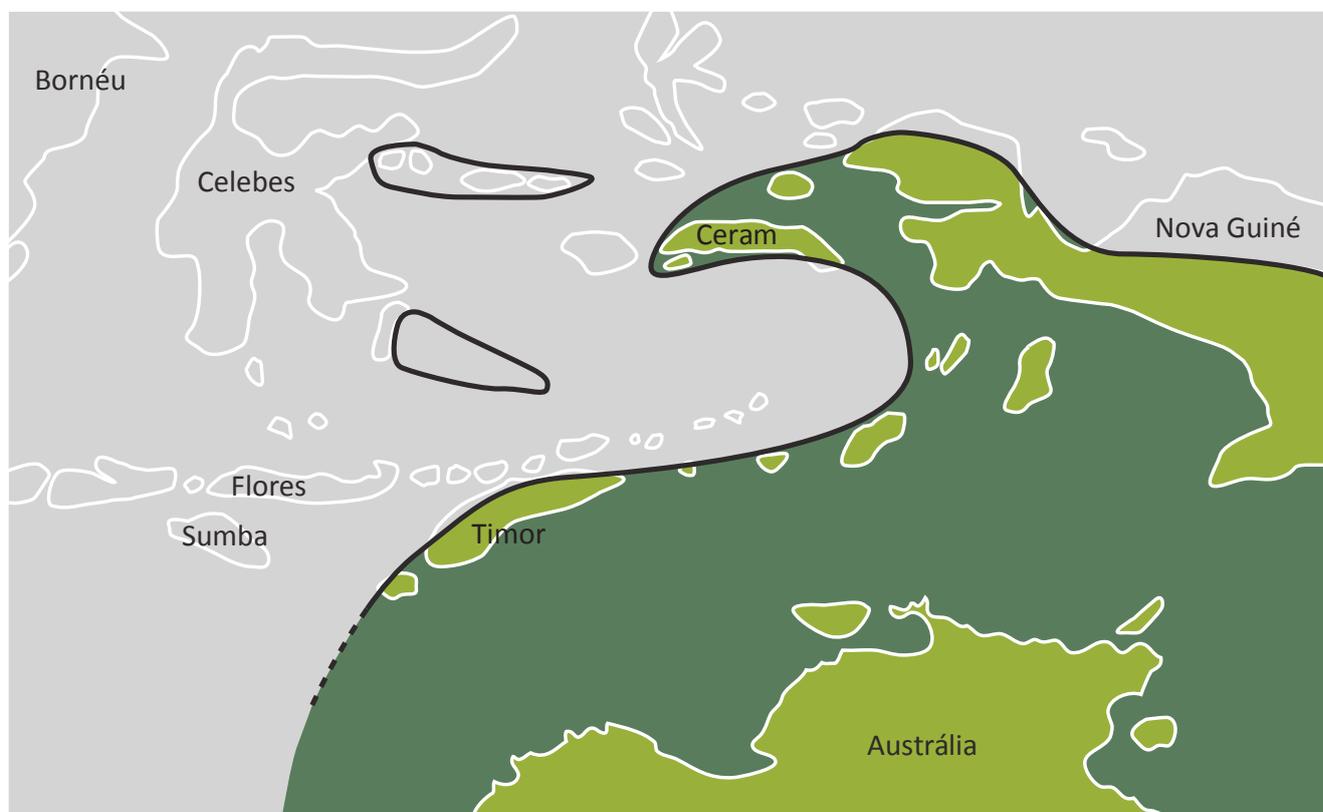


Figura 1.4. Mapa com a distribuição regional da crosta continental e da crosta oceânica, no sudeste asiático. As cores representam, na crosta continental australiana, as partes emersa e imersa. (adaptado de W. Hamilton, 1979)

Problematizar

Que tipo de relações geográficas e geológicas resultam para Timor-Leste da sua localização?

Atividade 1.2

Analisa as Figuras 1.2 e 1.4, e responde às seguintes questões.

1. Timor tem mais afinidades geológicas com a Austrália e maior proximidade geográfica com a Indonésia. Fundamenta esta afirmação com base nas Figuras.
2. Partilha na turma a tua resposta.

Conseguimos perceber que Timor-Leste, com a exceção da pequena ilha de Ataúro, faz parte da mesma crosta continental que engloba a Austrália. Tal facto, leva-nos a considerar que Timor-Leste deva ser incluído na placa Indoaustraliana e não na placa Euroasiática. O motivo porque alguns mapas mundo indicam o contrário será compreendido quando estudares os conteúdos de Geologia no 11º ano.

Síntese

- Timor-Leste constitui a parte oriental da ilha de Timor, que se situa na Insulíndia, periferia do grande Arquipélago Malaio, ao norte da Austrália.
- Do ponto de vista geográfico, à escala regional, Timor-Leste tem afinidades com o arquipélago indonésio.
- Timor-Leste localiza-se na placa Indoaustraliana, tendo ligações geológicas com a Austrália.
- Os arcos insulares são conjuntos de ilhas que se distribuem num ou mais alinhamentos curvos formando arcos.
- Timor-Leste localiza-se no Arco de Banda.

Sítios Web úteis

<http://eospso.gsfc.nasa.gov/>

<http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/tectonic.html>

<http://timor-leste.gov.tl/?p=547&lang=pt>

<http://travel.nationalgeographic.com/travel/countries/timor-leste-map/>

http://www.cerit.org/terra_geologia_1.html

http://www.mw.pro.br/mw/geog_timor_leste.pdf

http://www.platetectonics.com/book/page_2.asp

<http://www.thelayeredearth.com/Content%20Overview/Content%20Overview4.html>

Avaliação

1. Observa a mapamundo da figura que se segue.



Usando a **fotocópia do mapa** que o teu professor te deu:

- 1.1. Delimita, com um círculo, a Ilha de Timor.
- 1.2. Identifica o nome dos países que estão mais próximos de Timor-Leste.
- 1.3. Marca, a cor azul, o Arco de Banda.
- 1.4. Desenha as placas tectónicas que estão próximas de Timor-Leste.
2. Comenta a seguinte afirmação: “Timor-Leste encontra-se no sudeste asiático e, em simultâneo, no sudoeste pacífico”.
3. Consulta a informação contida no teu manual e pesquisa na Internet em dois sítios Web de referência, sobre “arcos insulares”. Indica um exemplo.
4. Apresenta e discute dois exemplos de natureza sócio-económica sobre relações com países vizinhos que resultem da localização geográfica de Timor-Leste.

Nesta unidade **A Terra: o ovo e a casca** podes estudar e aprofundar conceitos fundamentais relacionados com o Sistema Solar, nomeadamente os seus constituintes, possíveis explicações para a sua origem, bem como para a origem da Terra e sua evolução.

Na primeira parte, vais ter oportunidade de compreender melhor que a localização da Terra no Sistema Solar traz consequências diretas para o quotidiano dos cidadãos como, por exemplo, a sucessão dos dias e das noites, as estações do ano e as fases da Lua.

Numa segunda parte, vamos discutir vantagens e limitações de métodos para conhecer o interior da Terra, encetando uma viagem hipotética, na companhia de geoquímicos e de geofísicos, para entenderes a sua constituição e perceber a origem de alguns fenómenos geológicos.

Na terceira subunidade, buscaremos uma explicação para a deriva continental e analisaremos aspetos relativos à Tectónica de Placas.

No final, estarás em condições de raciocinar sobre o modo como as origens da Terra e do Sistema Solar estão relacionadas entre si e como a Terra tem vindo a evoluir como planeta singular, onde foi possível surgir e manter a vida.



2. A Terra: o ovo e a casca

2.1. A Terra solar

2.2. A Terra profunda

2.3. A Terra inquieta

Unidade Temática 2 | A Terra: o ovo e a casca

2.1 A Terra solar

Em *A Terra solar* vais estudar conceitos básicos relacionados com o Sistema Solar e enriquecer e aprofundar os que já possuis. É apresentada uma teoria explicativa, atualmente aceite pela comunidade de cientistas, da formação do Sistema Solar, discutindo-se factos que parecem comprová-la e questões que ainda se encontram em aberto. O conhecimento que adquirires sobre o sistema Sol-Terra-Lua ajuda-te a compreender fenómenos que conheces, como por exemplo as marés no mar de Timor e as estações do ano.



Como explicar a origem do Sistema Solar? E a origem da Terra?
Que características fazem da Terra um planeta singular?
Que tipo de relação a Terra estabelece com o Sol? E com a Lua?
Essas relações podem explicar a ocorrência de marés no mar de Timor?



Conceitos-chave

- Ano-luz
- Asteróides
- Estações do ano
- Fases da Lua
- Galáxia
- Hipótese nebular
- Marés
- Meteoritos
- Planetas gigantes
- Planetas telúricos
- Rotação
- Sistema Solar
- Translação
- Universo
- Via Láctea



Metas de aprendizagem

- Organiza os diferentes constituintes do Sistema Solar atendendo às suas características.
- Relaciona a teoria explicativa da formação do Sistema Solar e do planeta Terra com os factos que a apoiam.
- Identifica, em tabelas e esquemas, as características que permitem distinguir a Terra dos restantes planetas do Sistema Solar.
- Descreve os mecanismos que explicam a ocorrência de marés na costa timorense, bem como as estações do ano.

O Universo

No capítulo anterior foram apresentadas as ligações geográficas e geológicas entre Timor-Leste e a região envolvente, no planeta Terra. Surge, agora, uma outra interrogação, que tem preocupado, ao longo da história, muitos homens e mulheres.

Problematizar

Onde se localiza o planeta Terra no Universo?

Atividade 2.1

Propomos que realizes uma atividade muito simples, sozinho ou organizada pelo teu professor.

1. Escolhe um local que esteja suficientemente afastado da iluminação da cidade ou da localidade onde vives e espera por uma noite com Lua nova ou com luar muito reduzido e sem nuvens.
2. Deita-te de costas, com a cabeça voltada para sul e os pés para norte. Se puderes, usa uma bússola para te posicionares corretamente. Leva papel e lápis para escrever, e uma lanterna com luz vermelha ou uma de luz branca envolvida num papel transparente.

Assim que escurecer por completo, observa a olho nu o céu. Concentra-te e observa sem pressas.

3. Descreve as tuas observações e faz um desenho no caderno, após ter escurecido completamente.
4. Formula as tuas questões no caderno.
5. Se a atividade foi organizada pelo teu professor e houver um telescópio ou binóculo disponíveis, realiza agora essas observações com recurso ao equipamento. Anota no caderno as diferenças relativamente à observação a olho nu.



Figura 2.1. Cruzeiro do Sul: símbolo do céu do Hemisfério Sul.

As respostas às questões que formulaste não são fáceis de encontrar. Tal aconteceu, também, com muitas outras pessoas. Algumas, como poetas, músicos e artistas, usaram-nas como fonte de inspiração, e outras, como filósofos e cientistas, procuram nelas o motivo do seu estudo. Observaste centenas de pontos brilhantes numa imensidão de espaço escuro – **Universo**.

A representação interpretativa deste espaço imenso variou ao longo do tempo, consoante o pensamento daqueles que com ele se ocupavam. Num primeiro momento, que se prolongou até ao século XVII, os astrónomos consideravam que a Terra era o centro do Universo. Na verdade, todos os dias os seus olhos viam aparecer o Sol a Leste e desaparecer a Oeste. Nas observações noturnas todos os corpos se moviam de forma regular em torno da Terra.

Em 1610, **Galileo Galilei** (Figura 2.2.), usando um telescópio, descobriu miríades de estrelas na Via Láctea e ainda os satélites de Júpiter e montanhas e crateras na Lua. Estas observações conduziram-no a defender que a Terra e os outros planetas giravam em torno do Sol e que o Universo era muito mais vasto que o Sistema Solar.

O Sistema Solar é um dos milhões de outros sistemas “solares” que constituem a nossa **Galáxia**, a que chamamos Via Láctea (Figura 2.3.). Podemos admirá-la nas noites sem nuvens. A **Via Láctea** é, por sua vez, uma das 100 mil milhões de galáxias estimadas no Universo.

Universo

É constituído por tudo o que existe fisicamente: o espaço e todas as formas de matéria e energia.

Galileo Galilei (1564-1642)

Físico, astrónomo e matemático italiano, considerado o pai da ciência moderna.

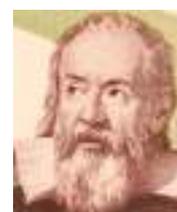


Figura 2.2. Galileo Galilei

Galáxia

É um sistema composto por numerosos corpos celestes (ex.: estrelas e planetas), com matéria gasosa dispersa e animado por movimento.

Via Láctea

É a Galáxia onde está localizado o nosso Sistema Solar. A galáxia mais próxima da Via Láctea chama-se Andrómeda (NGC 224), que dista 2,5 milhões anos-luz.



Figura 2.3. Via Láctea: vista ao telescópio.

Unidade Astronómica

Pode ser definida como a distância média entre a Terra e o Sol.

Ano-luz

É a distância percorrida pela luz no vácuo durante um ano à velocidade aproximada de 300 mil km/s.

O Universo é tão grande que os astrónomos tiveram de criar unidades mais adequadas para medir:

- **Unidade Astronómica (UA)** – corresponde a 150 milhões de km
- **Ano-luz** – traduz-se em 9,46 biliões de km (10^{12})

Um espanto, não é?



Problematizar

Será que vemos a luz do Sol em tempo real?

Atividade 2.2

A estrela mais próxima de nós, para além do Sol é α Centauri C que está a 270 000 UA.

1. Determina o número de anos-luz a que essa estrela está da Terra.
2. Calcula o tempo que demora a luz da α Centauri C e do Sol a chegar à Terra. Faz os cálculos no teu caderno.



Qual é a constituição do Sistema Solar?

Sistema Solar

A Terra é um dos oito **planetas** que orbitam à volta do Sol, curiosamente no mesmo plano (Figura 2.4). Os quatro primeiros – Mercúrio, Vénus, Terra e Marte –

mais pequenos e rochosos, formam o grupo dos **planetas telúricos** (Figura 2.4). Os outros quatro – Júpiter, Saturno, Úrano e Neptuno – mais afastados, maiores e em grande parte gasosos, formam o grupo dos **planetas jupiterianos** (Figura 2.4).



Figura 2.4. Representação do Sistema Solar.

Entre os dois grupos de planetas existe uma cintura de **asteróides** que os astrónomos chamam por vezes de “lixo rochoso”, por ter resultado, eventualmente, de restos de um planeta que se fraturou ou que nunca se chegou a formar. Alguns destes asteróides podem atingir a superfície da Terra: são os **meteoritos**.



Figura 2.5. Asteróides.

Planeta

Corpo celeste que orbita uma estrela. Tem rotação em torno de si próprio.

Planetas telúricos

O m.q. planetas terrestres, interiores ou sólidos. São planetas semelhantes à Terra, constituídos essencialmente por materiais sólidos e com diâmetro inferior ou próximo do da Terra.

Planetas jupiterianos

O m.q. planetas exteriores, gigantes ou Jovianos. São os que ficam mais distantes do Sol e com dimensões bastante superiores às dos planetas telúricos, compostos maioritariamente de gás.

Asteróide

Corpo rochoso de forma irregular que se desloca geralmente entre as órbitas de Marte e Júpiter.

Meteorito

Fragmento de asteróide, cometa ou planeta desintegrado que atingiu a superfície terrestre.

Problematizar

Será que tenho um meteorito no meu quintal?

Atividade 2.3

Os meteoritos cujas quedas são observadas designam-se de “quedas”. Quando são encontrados, não associados a uma queda específica, são considerados “achados”.

Apesar de os meteoritos caírem aleatoriamente na Terra, a sua recuperação varia muito de uma região para outra devido a diversos fatores, mas principalmente a interação humana. Além disso, não se deve esquecer que cerca de dois terços da superfície da Terra é coberta por água.

E como sabes se estás perante um meteorito? Vais aprender de imediato e, em consequência, Timor-Leste vai constar, em breve, com “achados” ou “quedas” no mapa dos meteoritos. Segue o fluxograma que te apresentamos. Se, ainda assim, te restar alguma dúvida, podes falar com o teu professor ou com a Profª Maria Elizabeth Zucolotto, através do endereço electrónico: meteoritos@globo.com.

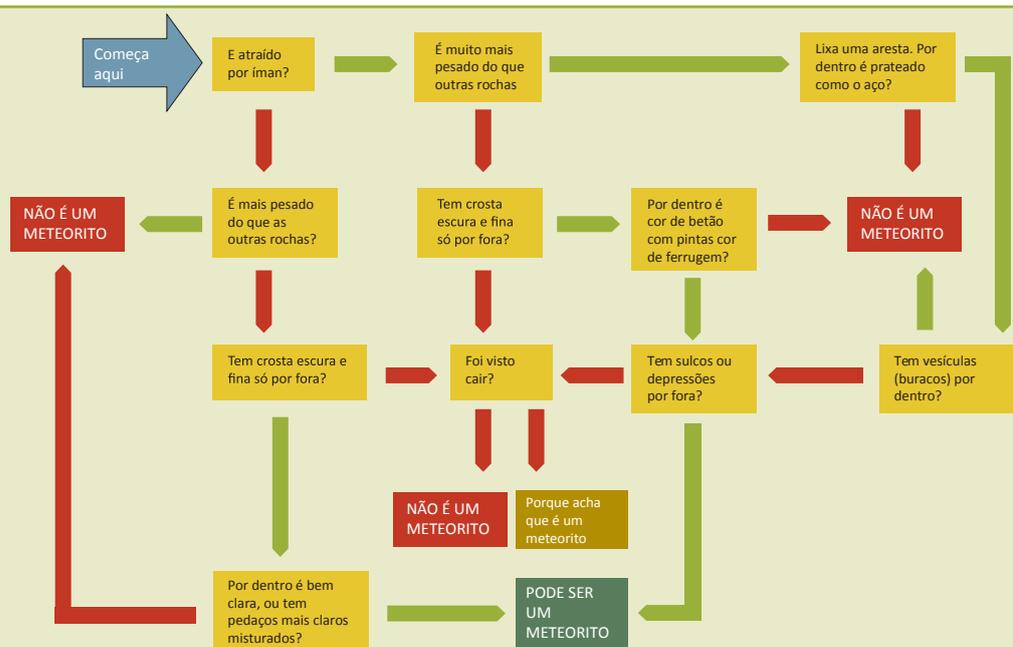


Figura 2.6. Fluxograma para identificação dos meteoritos.

Mês sideral

Corresponde ao tempo decorrido entre duas conjunções sucessivas da Lua com uma mesma estrela, ou seja, 27,321661 dias.

Brecha lunar

Rocha da Lua composta de muitos fragmentos angulosos de rochas ígneas (ex.: basalto, anortosito) ou de outras brechas.

A Lua dista da Terra 384 400 km e demora 27,32 dias a dar uma volta em redor desta (**mês sideral**). Não possui água e a sua reduzida gravidade impede que tenha atmosfera. Existem abundantes crateras na superfície lunar. Umas têm sido interpretadas como resultado de atividade vulcânica e outras como resultantes de impactos meteoríticos (Figura 2.7). As rochas da Lua agrupam-se em ígneas e brechas lunares.



Figura 2.7. Lua. Foto da Lua (a); crateras da Lua (b)

Como resultado do movimento da Lua à volta do Sol, observamos diferentes áreas da sua superfície iluminadas pela luz solar, que correspondem às Fases da Lua (Figura 2.8).

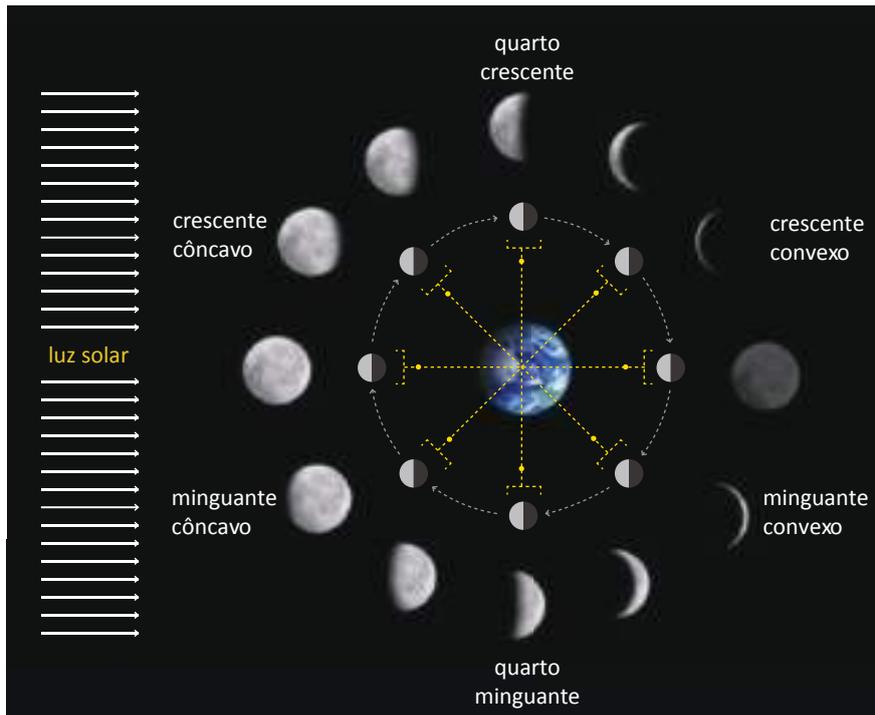


Figura 2.8. Fases da Lua.



Problematizar

Quais são as características dos planetas telúricos?

Atividade 2.4

A tabela que se segue apresenta alguns dados relativos aos planetas telúricos.

Caraterísticas		Alguns constituintes do sistema Solar			
		Mercúrio	Vénus	Terra	Marte
Diâmetro (km)		4879	12103	12 756 (no equador)	6794
Distância ao Sol (x 10 ⁶ km)	no ponto mais próximo	46,0	66,8	147,1	206,6
	no ponto mais afastado	69,8	108,2	152,1	249,2
Massa (Terra = 1)		0,055	0,815	1	0,88
Atmosfera		Vestígios de He, H ₂ , O ₂ e Na	Essencialmente CO ₂ e pequenas quantidades de N ₂ e de H ₂ O _(g) . Vestígios de Ar, CO, Ne e SO ₂	Essencialmente N ₂ (78%) e O ₂ (21%). Há 1% para outros gases: H ₂ O _(g) , CO ₂ . Tem ainda gotas de água, partículas de poeiras, pequenas quantidades de outros produtos químicos libertados pelos vulcões, incêndios e da atividade humana	Essencialmente CO ₂ (95,3%). Tem N ₂ (2,7%), Ar (1,6%), O ₂ (0,13%), CO (0,07%) e H ₂ O _(g) (0,03%)
Temperatura (°C)	Máx.	427	462 (média)	58 (El Azizia, Líbia)	- 5
	Mín.	- 173		- 88 (Estação russa de Vostók, na Antártida)	- 87
Luas (n ^o)		0	0	1	2 (Phobos e Deimos)
Período de translação (dias)		88	225	365	687

1. Discute, com os colegas de grupo, as características que diferenciam a Terra dos outros planetas e que a tornam um planeta singular: onde é possível a existência de vida. Partilha, com a turma e o professor, as ideias-chave que emergiram do trabalho realizado.
2. O número de crateras de impacto por unidade da área é menor, hoje, na Terra do que na Lua. Explica esse facto, sabendo que se considera a Lua um “planeta morto”. Apresenta uma explicação para a diferença encontrada.
3. Comenta a afirmação: “as crateras da Lua ajudam a contar a sua história e a do Sistema Solar”.
4. Explica o motivo porque se chama à Terra “planeta azul”.



Problematizar

Que características possuem os planetas gigantes?

Atividade 2.5

Faz uma pesquisa no sítio Web <http://solarsystem.nasa.gov/planets/index.cfm>, antes de responderes às duas questões seguintes.

1. Relativamente aos planetas Jupiterianos (Júpiter, Saturno, Úrano, Neptuno) regista no caderno as seguintes características:
 - 1.1. Diâmetro (km).
 - 1.2. Distância ao Sol ($\times 10^6$ km).
 - 1.3. Massa (Terra = 1).
 - 1.4. Atmosfera.
 - 1.5. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$).
 - 1.6. Luas (n°).
 - 1.7. Período de translação (dias).

Para efectuares os teus registos sugere-se que construas uma tabela com duas entradas, uma para os planetas e outra para as suas características.

2. Compara os planetas desta tabela com os da anterior e justifica a designação de “planetas gigantes” a estes atribuída.

Cometa

Corpo menor do Sistema Solar que orbita o Sol.

Fluorescência

Capacidade de uma substância absorver e emitir radiações luminosas.

Ocasionalmente, podemos observar outros corpos celestes conhecidos como **cometas**, que são formados por três partes individualizadas: núcleo, cabeleira e cauda (Figura 2.9). O brilho dos cometas é devido ao facto de a cabeça e a cauda apresentarem **fluorescência**. Como se explica que no espaço exterior do Sistema Solar os cometas seja invisíveis? À medida que um cometa se aproxima do Sol, a sua cobertura de gelo, poeira e gás começa a aquecer e o cometa torna-se visível. O vento solar arrasta substâncias gasosas da cabeça do cometa, formando-lhe a cauda.



Figura 2.9. Cometa C/2002 Q4



Como se terá formado o Sistema Solar?

A questão é importante, porque a origem da Terra só pode conceber-se como parte integrante do Sistema Solar. Infelizmente é muito difícil saber, com exatidão, como se formaram ambos, essencialmente porque não podemos visitar o passado e ver o que ocorreu. Especialistas (sobretudo físicos e astrónomos) já conseguiram criar um cenário hipotético bastante credível com base em dados hoje disponíveis, designando-o de **Hipótese Nebular**.

Este cenário engloba (Figura 2.10), por um lado, uma imensa nuvem de gás e poeiras em rotação sobre si própria – nebulosa solar – há 4600 milhões de anos e, por outro lado, uma história diferente para os planetas exteriores e interiores. Fixemos, para já, que os planetas interiores se terão formado por numerosas colisões no interior do “lixo” hoje reduzido à cintura dos asteróides. Estas colisões originaram, por uma espécie de colagem, fragmentos cada vez maiores – **planetesimais** – e menos numerosos. Os especialistas chamam a este processo **acrecção planetária**.

Hipótese nebular

Foi sugerida em 1755 pelo filósofo alemão Immanuel Kant e desenvolvida em 1796 pelo matemático francês Pierre-Simon Laplace, desenvolvida modernamente pelo físico alemão Carl von Weizsäcker.

Planetesimais

São, segundo a hipótese nebular, pequenos corpos (diâmetro com cerca de 0,1-10 km) que teriam resultado da aglutinação de corpos mais pequenos.

Acreção planetária

Processo pelo qual corpos sólidos se agregaram, na nébula solar primitiva, para formar os planetas.

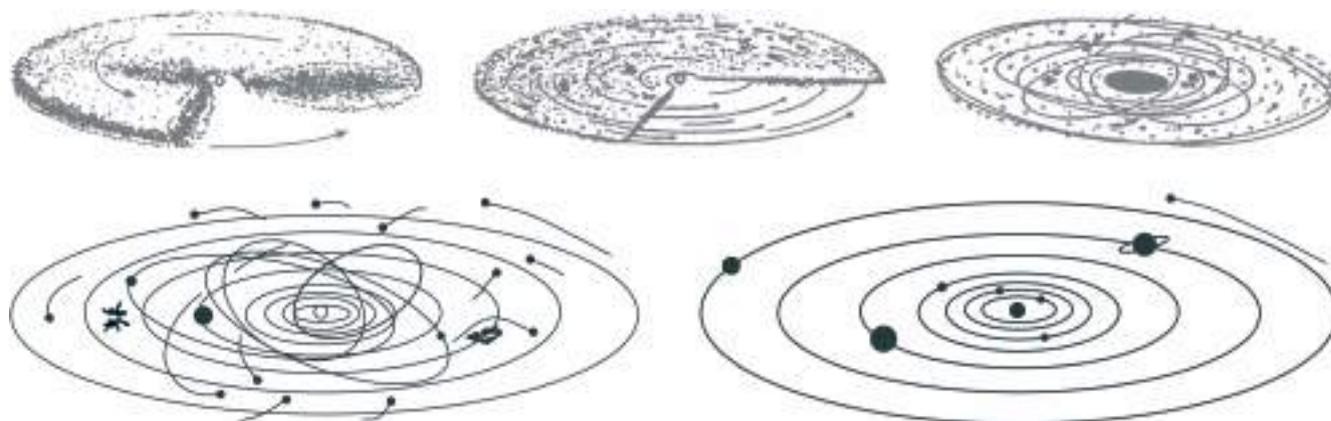


Figura 2.10. Formação do Sistema Solar.

Sol

Enorme esfera de gás incandescente. Quase todas as religiões da antiguidade, mas especialmente os Egípcios e os Incas, desenvolveram o culto do Sol. Em muitos locais chegou mesmo a ser venerado como divindade.

O **Sol** (Figura 2.11) é a estrela mais próxima da Terra. Devido à energia emitida pelo Sol, existem ciclos, de vida e de água, bem como um equilíbrio na Terra que permitiu o desenvolvimento dos seres vivos e, conseqüentemente, da civilização humana. De facto, 99,9998% da energia da Terra provém do Sol.

O Sol tem um diâmetro de 1,4 milhões de km e um volume superior a um milhão de vezes o da Terra. É formado por camadas concêntricas, semelhantes a uma cebola. Nele ocorrem reações (conversão de Hidrogénio em Hélio) que geram a libertação de grandes quantidades de energia. As temperaturas no núcleo podem atingir os 15,6 milhões de graus Celsius.



Alerta! Observar diretamente o Sol sem o equipamento correto pode implicar danos irreversíveis nos olhos. Para garantir a segurança e o conforto necessários à observação, são necessários filtros específicos que barram a parte nociva da luz incidente. Um exemplo simples e barato deste tipo de filtro são os vidros de máscaras de soldadores

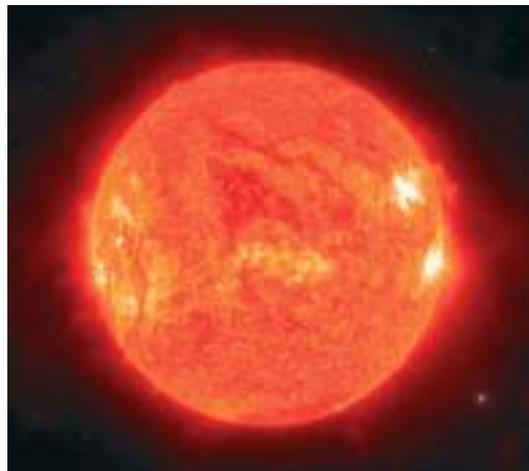


Figura 2.11. Imagem do Sol.



Sub-sistema Sol–Terra–Lua: que conseqüências no nosso quotidiano?

No âmbito do Sistema Solar, podemos considerar outros sub-sistemas como, por exemplo, o que é constituído pelo Sol, pela Terra e pela Lua. Tem profundas implicações, como terás oportunidade de estudar de seguida, em situações diversas do dia a dia, e é mesmo responsável por muitos dos teus hábitos de vida.



Marés – afinal o que são e por que ocorrem?

Com alguma frequência é referido que a Lua e o seu luar inspiram poetas, artistas, pensadores e têm mesmo implicações românticas! Mas, aqui, procuraremos outro tipo de influências.

Todos os que vivem junto ao litoral sabem que o nível das águas do mar sobe e desce ao longo do dia, umas vezes mais, outras vezes menos. Esse fenómeno designa-se por **marés**.

As marés foram, durante muito tempo, um mistério total. Desde que Newton publicou a sua lei da gravidade em 1686, deixando claro que tanto o Sol como, sobretudo, a Lua exercem uma atração sobre a Terra, que a formação das marés são mais fáceis de entender, ainda que seja um assunto complexo de explicar.

Maré

Varição do nível das águas do mar causada pela interferência gravitacional da Lua e do Sol sobre o campo gravítico da Terra.



Como se explica esta influência sobre as marés, “sobretudo da Lua”, uma vez que esta é muito mais pequena que o Sol?

A seta grossa da Figura 2.12 representa a atração que a Lua exerce sobre a Terra. Na zona mais próxima à Lua, o ponto T (Figura 2.13), a atração é maior do que no centro da Terra – ponto C – uma vez que a força da gravidade diminui com o aumento da distância que separa as duas massas. Pela mesma razão, a força de atração é maior no ponto A.

Estas diferenças de forças tendem a falsear a forma esférica da Terra num elipsóide alargado, de forma algo parecida com uma bola de *rugby*. Apesar da litosfera sólida reagir apenas com uma resposta muito pequena a esta força de estiramento da Terra, os oceanos respondem de forma mais expansiva.

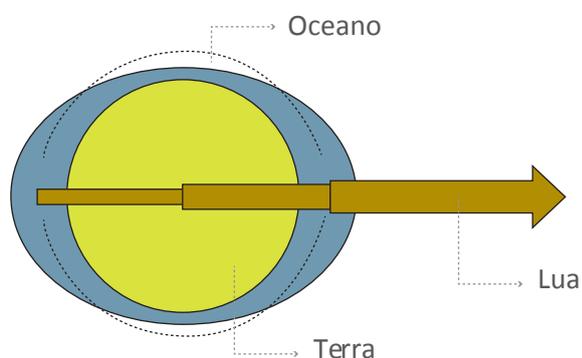


Figura 2.12. A força de atração da Lua tende a distorcer a Terra num elipsóide.

Como podes observar na Figura 2.13, a água oceânica tende a deslocar-se ao longo das linhas indicadas pelas setas superficiais. A água movimenta-se para os centros, um em A e outro em T, afastando-se de uma cintura que cinge o globo terrestre alinhado transversalmente aos pólos (N e S).

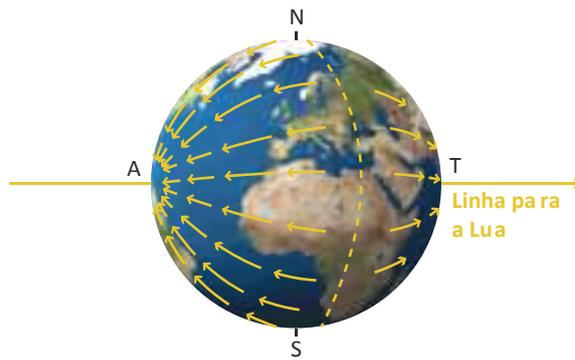


Figura 2.13. As forças das marés tendem a mover a água dos oceanos para os dois centros, antípodas do planeta, ao longo de uma linha que liga a Terra e a Lua.

Preia-mar

O m.q. maré alta. Nível máximo de uma maré cheia.

Baixa-mar

O m.q. maré baixa. Nível mínimo de uma maré vazante.

Translação

Movimento realizado pelos planetas principais em torno do Sol, segundo uma órbita elíptica.

Rotação

Movimento de um planeta em torno de um eixo imaginário que liga o Pólo Norte ao Pólo Sul, segundo uma determinada inclinação.

Recorda-te que a Terra gira sobre o seu eixo. Isso significa que os dois centros de acumulação de marés se deslocarão continuamente à volta da Terra. Passará duas vezes por dia por um dado ponto do globo. Cada acumulação produz uma subida do nível do mar até alcançar o seu valor máximo, ou **preia-mar**, e o intervalo real entre as duas marés altas é à volta de 12,5 horas. A cintura de superfície submersa também passará duas vezes no dia, de modo que teremos um nível mínimo de água, ou **baixa-mar**, aproximadamente 6,25 horas depois da preia-mar. Este é, de facto, o ciclo normal das marés que se apresenta na maior parte das costas do planeta.

Os oito planetas do sistema solar, apesar das suas diferenças, têm algo em comum, como aliás já vimos: giram todos à volta do Sol – movimento de **translação** – e sobre si mesmos – movimento de **rotação**.



Estações do ano – que processos as provocam?

Uma das consequências do movimento de translação dos planetas é o ciclo das estações do ano, que corresponde a variações ao nível do clima ao longo do ano. Outra consequência é a desigual duração dos dias e das noites.

O eixo de rotação da Terra encontra-se inclinado relativamente ao plano da sua órbita, em cerca de $23,45^\circ$ (Figura 2.14). Uma vez que esta inclinação é constante ao longo do ano, a posição dos dois hemisférios relativamente ao Sol muda à medida que o ano passa.

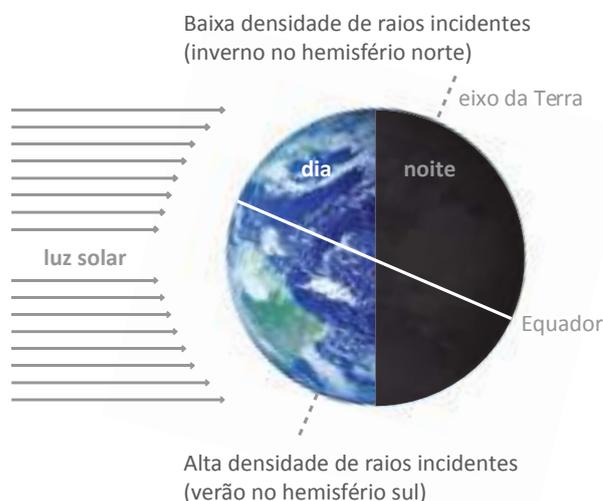


Figura 2.14. Inclinação do eixo da Terra relativamente ao plano da sua órbita.

Na Terra, face à inclinação do seu eixo, entre setembro e março, no hemisfério norte, o Pólo Norte está menos exposto ao Sol, o que faz com que seja menos aquecido. A menor luminosidade recebida conduz a que os dias tenham duração inferior às noites. Designa-se por **solstício** de inverno (22 de dezembro) a posição em que o hemisfério norte tem o dia de menor exposição solar – inverno – e o hemisfério sul o seu dia mais longo – verão (Figura 2.15). Com o passar dos meses, em 21 de março a duração do dia e da noite é exactamente igual – **equinócio** da primavera (Figura 2.15).

Entre março de setembro no hemisfério norte, o Pólo Norte encontra-se mais virado para o Sol. Em consequência desta maior exposição, a luminosidade ocorre por mais tempo, daí os dias terem duração superior às noites. Além disso, a maior incidência de energia faz com que essa parte do globo seja mais aquecida que o hemisfério sul. Em 21 de junho surge o solstício de verão, que corresponde ao dia mais longo do ano no hemisfério norte – verão – e o hemisfério sul tem o dia mais pequeno – inverno (Figura 2.15). No dia 23 de setembro (ou 22, se o ano for bissexto), ocorre o equinócio do outono, onde o dia e a noite voltam a ter a mesma duração (Figura 2.15).

Solstício

Instante em que o Sol, durante o seu movimento aparente na esfera celeste, atinge a maior declinação em latitude. Em 2012 e 2016 o solstício de junho dá-se em 20 de junho. De 2012 a 2014 e em 2016 e 2017 o solstício de dezembro ocorre no dia 21.

Equinócio

Instante em que o Sol, na sua órbita aparente, cruza o plano do equador celeste. A data dos equinócios varia de um ano para outro devido aos anos trópicos. De 2010 a 2012 o equinócio de setembro ocorre no dia 22.

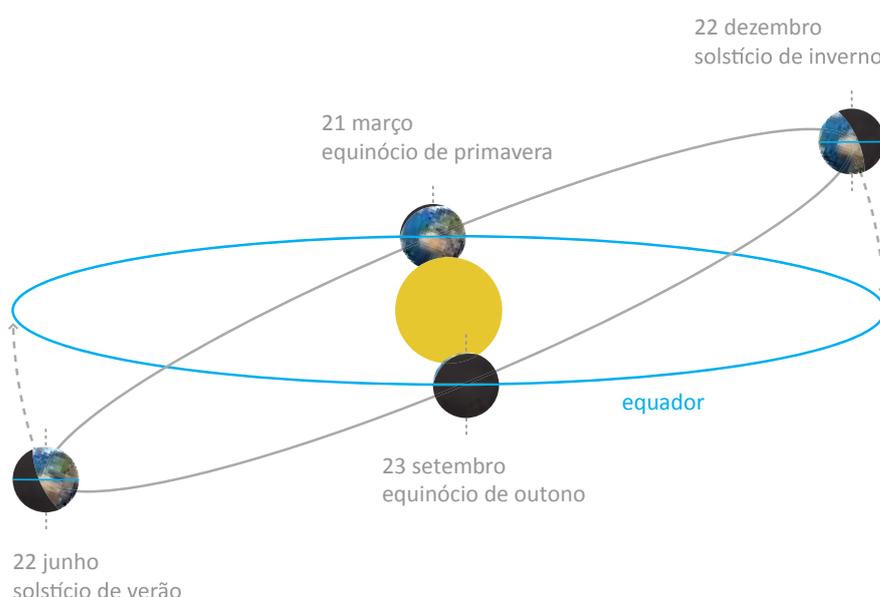


Figura 2.15. Movimentos de translação e de rotação da Terra.

Problematizar

Como explicar que Timor-Leste tenha apenas duas estações?

Atividade 2.6

Para compreenderes melhor as estações do ano em Timor-Leste considera:

- a informação que te acaba de ser proporcionada sobre o ciclo das estações do ano;
- que Timor-Leste se localiza na latitude $8^{\circ} 50' S$.

Explica o tipo de clima, apenas com duas estações anuais, que é próprio do teu país.

Síntese

- O Universo é constituído por milhões de astros que se organizam em galáxias.
- A nossa galáxia designa-se de Via Láctea, situando-se o Sistema Solar num dos seus braços.
- O Sistema Solar é formado por uma estrela central – Sol – e diversos astros: oito planetas (Mercúrio, Vénus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Úrano e Neptuno), asteróides, cometas, meteoróides e matéria interplanetária.
- Os meteoritos são amostras da formação e evolução do Sistema Solar, são como verdadeiros fósseis cósmicos.
- A maioria dos planetas do Sistema Solar tem satélites que os orbitam, que no caso da Terra se designa de Lua.
- Uma das hipóteses para a formação do Sistema Solar designa-se de Hipótese Nebular, que considera que o Sistema Solar se teria originado a partir de uma vasta nuvem de gás e poeira – a nebulosa solar.
- A influência da Lua na Terra é determinante no mecanismo gerador das marés e das estações do ano.

Questões em aberto

Até ao ano de 2006, Plutão era considerado o nono planeta do Sistema Solar. Quando se descobriu um corpo celeste situado para além da órbita de Neptuno, apelidado de Éris, criou-se uma controvérsia. Assim, a *International Astronomical Union* criou uma categoria celeste chamada de planeta anão, onde se inclui Plutão, para além de Haumea, Éris, Makemake e o asteróide Ceres. Existem outros corpos celestes (três asteróides e nove transneptunianos) que podem vir a ser identificados como planetas anões (ou corpos menores do Sistema Solar). São necessários mais estudos para que se possa compreender melhor as características destes corpos celestes.

Sítios Web úteis

<http://hubblesite.org>

<http://planetario.marinha.pt/PT/astronomia/Pages/SistemaSolar.aspx>

<http://solarsystem.nasa.gov/>

<http://www.astronomoamador.net/sistema-solar>

<http://www.iau.org/>

<http://www.imo.net/>

<http://www.meteoritos.com.br/>

http://www.poloestremoz.uevora.pt/cienciaCidade/pt/sis_solar/index.php

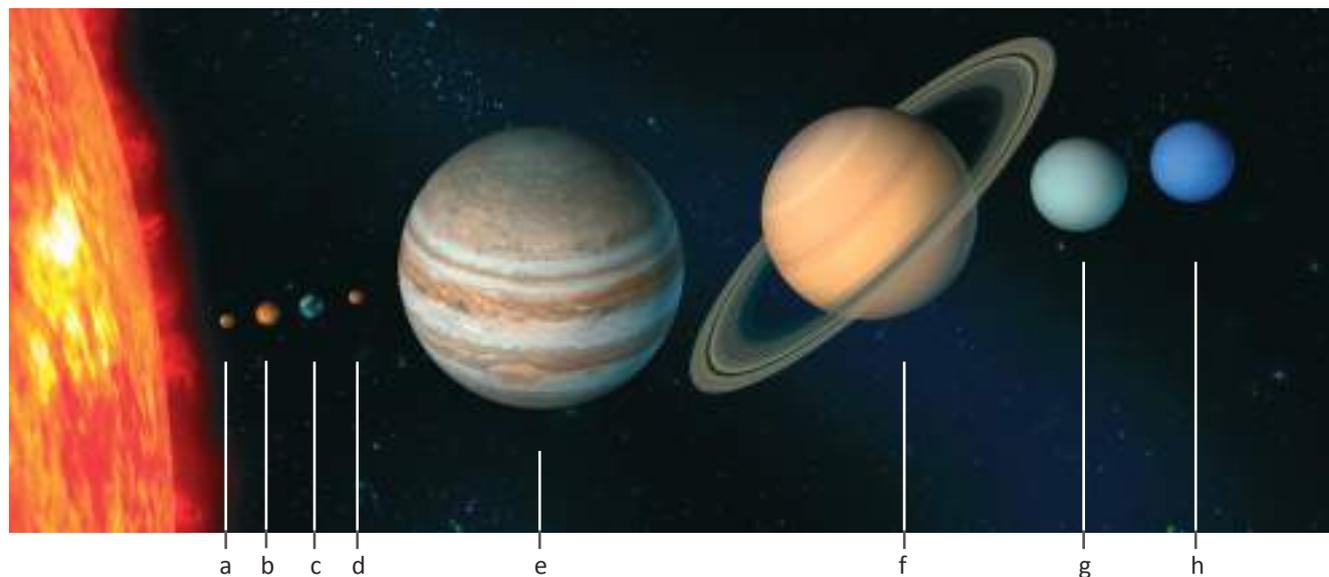
<http://www.solarviews.com/>

<http://spaceflight.nasa.gov/station/>

Avaliação

Para avaliares as aprendizagens que desenvolveste sobre a temática em estudo, responde no teu caderno às questões que se seguem.

1. Observa a Figura seguinte que representa o Sistema Solar.



- 1.1. Faz corresponder a cada uma das letras da Figura anterior o nome dos corpos celestes representados.
- 1.2. Refere o local onde está a cintura de asteróides.
- 1.3. Indica o nome dos planetas gigantes.
- 1.4. Explica o motivo porque os planetas giram à volta do Sol.
- 1.5. Refere as alterações que surgem quando os cometas se aproximam da Terra.
2. Descreve, por palavras tuas, a Hipótese Nebular.
3. Explica o facto de existirem duas preia-mar no mesmo dia.
4. No Brasil equatorial, os habitantes dizem que só têm duas estações do ano. Comenta esta afirmação.
5. Transcreve para o teu caderno a resposta correta:
 - 5.1. O primeiro instrumento para observação de objetos celestes foi usado por:
 - (a) Galileo Galilei
 - (b) Leonardo da Vinci
 - (c) Ptolomeu
 - 5.2. O ano-luz corresponde a uma unidade para medir:
 - (a) luz
 - (b) tempo
 - (c) velocidade
 - 5.3. O maior planeta do Sistema Solar é:
 - (a) Júpiter
 - (b) Úrano
 - (c) Vénus

- 5.4. As marés ocorrem não apenas devido ao movimento da rotação da Terra, mas também devido à ação:
- (a) da Lua e do Sol sobre a Terra
 - (b) do Sol sobre a Lua
 - (c) da Lua sobre o Sol
- 5.5. As estações do ano devem-se:
- (a) ao movimento de rotação da Terra e à inclinação do seu eixo
 - (b) ao movimento de translação da Terra e à inclinação do seu eixo
 - (c) ao movimento de translação da Lua à volta da Terra.
- 5.6. Os únicos planetas que não têm luas são:
- (a) Vénus e Marte
 - (b) Mercúrio e Vénus
 - (c) Vénus e Terra
- 5.7. Relativamente à Lua:
- (a) a fase da lua cheia acontece quando a Lua se apresenta toda iluminada
 - (b) quando metade da Lua está iluminada, encontra-se na fase de quarto crescente
 - (c) a Lua, quando em fase de lua cheia, encontra-se entre a Terra e o Sol.
6. Estabelece a correspondência entre aos números da coluna I e as letras da coluna II. Transcreve para o teu caderno a tua resposta.

Coluna I		Coluna II	
1.	Corpo celeste constituído por gelo, poeiras e gás	(A)	Satélites
2.	Planeta mais rápido e um dos mais pequenos do Sistema Solar	(B)	Sol
3.	Rochas que caem do céu e que originam o fenómeno das estrelas cadentes	(C)	Mercúrio
4.	Estrela mais próxima da Terra	(D)	Júpiter
5.	O maior planeta do Sistema Solar	(E)	Meteoros
6.	Corpos celestes que giram à volta dos planetas principais	(F)	Cometa

2.2 A Terra profunda

A Terra tem sido descrita como um planeta vivo, por dois motivos: a exploração do Sistema Solar, permitiu comparar o nosso planeta com muitos outros mundos sem nenhuma atividade geológica e, sobretudo, pela compreensão de conjunto deste “ovo”. A Terra ausculta-se, cada vez mais, com tecnologias de alto poder de penetração, equivalentes aos *scanners* da medicina moderna. Em síntese, a técnica consiste em estudar a Terra com vários métodos: “análises químicas”, “apalpações”, “ecografias”, “auscultação das vibrações internas”, entre outros, permitindo imaginar o que estará lá em baixo, no seu interior.



Como podemos conhecer o interior da Terra? Quais são os métodos diretos?

Como é que os métodos indiretos são decisivos para o conhecimento das massas rochosas do interior?

Como se interpretam as ondas sísmicas?

Qual é o modelo da estrutura interna da Terra?



Conceitos-chave

- Astenosfera
- Crusta continental
- Crusta oceânica
- Crusta terrestre
- Densidade
- Dobras
- Epicentro
- Falha
- Gradiente geotérmico
- Gravimetria
- Hipocentro
- Litosfera
- Manto
- Métodos diretos
- Métodos indiretos
- Mina
- Núcleo
- Ondas sísmicas
- Sismo
- Sismógrafo
- Sismograma
- Sondagem
- Xenólito



Metas de aprendizagem

- Distingue, no estudo do interior da Terra, métodos diretos de métodos indiretos, dando exemplos de cada um deles.
- Defende a importância dos métodos indiretos para o conhecimento do interior da Terra.
- Interpreta informação de diversas fontes e tipos sobre os mecanismos de origem e propagação das ondas sísmicas.
- Revela atitude científica na planificação, execução e discussão de atividades laboratoriais relativamente à propagação de ondas sísmicas.
- Interpreta esquemas de modelos da estrutura interna da Terra, identificando as camadas e discontinuidades que a constituem.
- Diferencia os modelos geofísico e geoquímico, com base em critérios composicionais e físicos.

Ver o invisível

Estudaste, até aqui, a localização de Timor-Leste no Mundo e o lugar que a Terra ocupa nesta imensidão do Universo. Chegou o momento de olhares para dentro da grande casa onde habitamos e perceber como é constituída. Na subunidade anterior, ficaste a conhecer algumas características do planeta Terra, particularmente as que dizem respeito à sua distância do Sol, a massa, atmosfera, temperatura, número de luas, períodos de rotação e de translação e, ainda, o seu diâmetro.

Geodesia

É um ramo das Geociências e uma engenharia, que trata do levantamento e da representação da forma e da superfície da Terra, global e parcial, com as suas feições naturais e artificiais e o campo gravitacional.

Geóide

Modelo físico da forma da Terra. A sua superfície é mais irregular do que o elipsóide de revolução, usado habitualmente para aproximar a forma do planeta, mas consideravelmente mais suave do que a própria superfície física terrestre.

Método direto

Permite obter dados através da utilização direta, como é o caso da observação da superfície terrestre.

Mina

Escavação a céu aberto ou subterrânea, para extração de substâncias minerais.

Sondagem

Processo de perfuração das rochas, através do qual é muitas vezes possível recolhê-las na forma de um cilindro – testemunho. Pode ter vários objetivos, desde a caracterização de uma determinada secção de material rochoso, prospeção de minérios ou de água, estudos petrológicos ou paleontológicos, entre outros.

Dobra

Deformação que ocorre nas rochas e que resulta do arqueamento de camadas rochosas, inicialmente planas, com comportamento dúctil, pela ação de tensões compressivas.

Falha

Fratura das camadas geológicas segundo um plano, ao longo do qual ocorreu movimento relativo dos blocos contíguos.

A determinação da forma da Terra é uma das principais tarefas da **Geodesia**. Quando se aborda a figura da Terra, esta é geralmente encarada como sendo rígida, uma vez que as perturbações temporais são estudadas em separado. Na geodesia moderna são consideradas várias figuras que representam a forma física da Terra. O **geóide** corresponde à forma física do campo gravítico real.

Contudo, devido à rotação em torno do seu eixo, a Terra alonga-se na área equatorial, enquanto se achata nos pólos, efetuando o equilíbrio hidrostático da sua massa. A diferença real entre o raio equatorial e o polar é de aproximadamente 23,0 km, sendo o raio equatorial maior que o polar.



Como conhecer o interior da Terra com mais de 6 000 km de raio?

Métodos diretos

Os geocientistas podem estudar a geosfera usando métodos diretos e indiretos. Os **métodos diretos** permitem recolher e analisar elementos e realizar o estudo direto da Terra.

Incluem-se nestes métodos a exploração de jazidas minerais em **minas** e escavações, a observação e estudo direto da superfície visível, sondagens e magmas e xenólitos. No entanto estes métodos não permitem alcançar mais do que 4000 m, como acontece, por exemplo, na mina de ouro de Tau Tona, situada na África do Sul.

A observação e estudo direto (Figura 2.16) permite-nos concluir acerca da existência de dobras ou de falhas, conhecer o tipo de rocha e a sua idade. Estas observações, contudo, limitam-se também a poucos metros de profundidade. Estes conceitos serão aprofundados na unidade temática 4.

Com as **sondagens** podemos obter colunas de rochas relativas a milhões de anos de história da Terra – testemunhos de sondagem (Figura 2.17). Conseguimos, assim, traçar um perfil das estruturas e determinar a natureza da rocha e a sua idade, e a presença ou ausência de **falhas** e de **dobras**.

A maior sondagem, realizada até ao momento, não ultrapassou os 12 261 m de profundidade, tendo sido realizada em 1989, através de um projeto de investigação da crosta continental por meio de perfurações profundas (*KSDB-3*). Foi iniciado pelos soviéticos na Península de Kola (junto à fronteira com a Finlândia), na ex-URSS, em 1970.

Mas às vezes há surpresas para os próprios geocientistas. Foi assim que uma equipa de perfuração, em 2009, atravessou rochas profundas no Havai e, acidentalmente, tornou-se o primeiro grupo a perfurar a crosta terrestre em profundidade suficiente para chegar ao magma. Encontraram lava em seu ambiente natural a 2,5 km, de natureza ácida, precursora da formação do granito.



Figura 2.16. Afloramento em Timor-Leste.

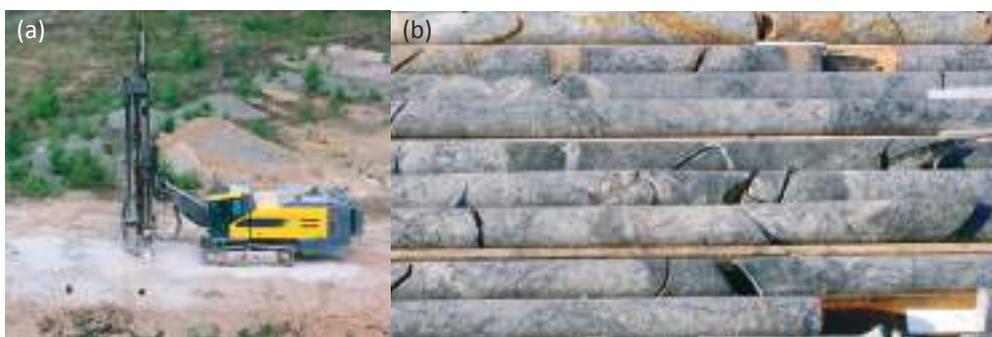


Figura 2.17. Sondagem geológica (a); testemunhos da sondagem (b).

Em 2003 foi iniciado oficialmente o programa internacional *Integrated Ocean Drilling Program (IODP)* que tem por objetivo explorar a história e estrutura da Terra representada nos sedimentos e rochas do fundo dos mares. O plano é atravessar 7 km de crosta a partir do Canal de Nankai, no Oceano Pacífico e chegar até a **descontinuidade de Mohorovicic (Moho)**.

As perfurações iniciaram-se em 2007, com uma sondagem de 3500 m em fundo marinho, a 2500 m abaixo da superfície do mar, realizada pelo navio japonês D/V Chikyu (Figura 2.18), com o objetivo de compreender o mecanismo dos terremotos de larga escala.

Se compararmos a máxima profundidade perfurada até ao momento (12 km) com o raio da Terra (6371 km), rapidamente percebemos que o poço de perfuração tem as dimensões que uma picada de mosquito teria nas costas de um elefante. Além disso, estes métodos envolvem complexos problemas: são programas extremamente dispendiosos e requerem tecnologias de ponta, face às elevadas temperaturas a que os materiais estão sujeitos no interior da Terra.

A indústria de extração do petróleo, pelos lucros que obtém e as receitas cobradas pelos governos, como acontece em Timor-Leste onde, em 2010, foram ultrapassados os 2000 milhões de dólares, mantêm a bom ritmo as pesquisas científicas. Estas são uma boa fonte para ficarmos a saber mais sobre o interior do planeta. A empresa italiana ENI, a explorar atualmente petróleo no mar de Timor, tem procedido com auxílio de alta tecnologia, a perfurações que ultrapassam os 5000 m.

Descontinuidade de Mohorovicic

O m.q. descontinuidade de Moho. Deve o nome ao geofísico Andrija Mohorovicic (1857-1936) que a descobriu. Corresponde à fronteira entre a crosta e o manto, descontinua, que varia de espessura e distância da superfície (entre 5 a 10 km nos fundos dos oceanos e até 70 km nas zonas continentais).

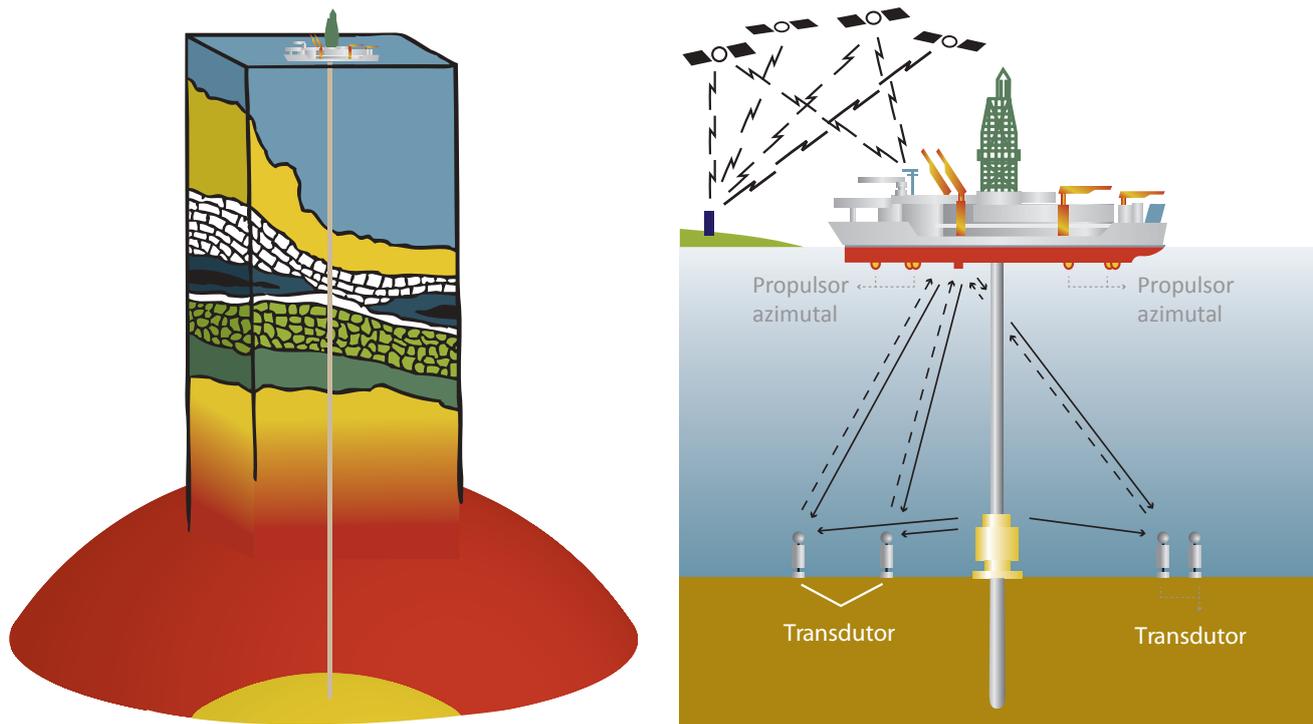


Figura 2.18. Posicionamento de navio durante a perfuração.

Ofiolito

Associação de rochas interpretada como fatias de crosta oceânica e manto superior. Encontra-se entre rochas continentais, geralmente associada com sedimentos marinhos na zona de colisão de placas.

Métodos indiretos

Permite obter dados sobre a estrutura interna da Terra com a interpretação de dados indiretamente (como, por exemplo, geofísicos e planetológicos).

Sismo

O m.q. terramoto ou abalo sísmico. Vibração brusca e passageira da superfície da Terra, resultante de movimentos subterrâneos de placas rochosas, de atividade vulcânica, ou por deslocamentos (migração) de gases no interior da Terra, principalmente metano. O movimento é causado pela liberação rápida de grandes quantidades de energia sob a forma de ondas sísmicas.

Para além destes processos, a actividade vulcânica, que irás estudar com mais detalhe na subunidade 3.2, ajuda os geocientistas a estudar o interior da Terra. De facto, a análise dos materiais expelidos, permite conhecer a composição da parte superior da crosta terrestre e mesmo o que se passa até cerca de 150 km de profundidade.

Uma outra forma de “observar” o interior da Terra é através dos **ofiolitos**, associação de rochas interpretadas como fragmentos de crosta oceânica que foi empurrada para cima nos limites convergentes de placas por formas compressivas, como estudarás mais diante. Em geral, a sequência é, da base para o topo, uma sucessão de rochas residuais (peridotitos), seguida de cumulos de rochas ultramáficas e máficas (peridotitos, piroxenitos e gabros), diques verticais, rochas vulcânicas basálticas (com lavas em almofada), encimadas por rochas sedimentares pelágicas (calcários, chertes), como estudarás na Unidade Temática 3.

? Que outro tipo de métodos permite ultrapassar estas limitações?

Métodos indiretos

A opção é adotar **métodos indiretos** como, por exemplo, o estudo dos **sismos**. Embora talvez não saibas, os sismos são a principal fonte de informação sobre o interior da Terra!

Problematizar

Como reagem os materiais da Terra às pressões?

Atividade 2.7

O interior da Terra é constituído por rochas de diferente natureza. Vamos considerar alguns materiais do nosso dia a dia, com o objetivo de reconheceres o seu comportamento quando sujeitos a algumas forças. Não te esqueças de recordar e de seguir as normas de segurança em laboratório.

1. Solicita o seguinte material: borracha de lápis, elástico, plasticina, lâmina e lamela (de microscopia óptica), vareta oca de vidro, prego de ferro, fita de zinco, argila seca, argila recém-humedecida, lápis; dois alicates, lamparina de álcool, fósforos, papel de alumínio, pinça de madeira.

2. Submete cada um dos materiais-prova a uma força compressiva, pressionando-o contra a bancada de trabalho.

3. Regista no teu caderno o que acontece a cada um dos materiais-prova após a aplicação da referida força.



Para efectuares os teus registos deves elaborar uma tabela com duas entradas: tipos de força e materiais. Na primeira podes incluir força compressiva e distensiva.

Na segunda deves incluir materiais como: borracha, plástico, plasticina, lâmina, lamela, vareta de vidro, prego de ferro, fita de zinco, argila seca, argila recém-humedecida e lápis.

O estudo que vais fazer com as forças compressiva e distensiva inclui o registo do comportamento dos vários materiais nas três seguintes situações:

- após aquecimento com as mãos;
- após aquecimento com a lamparina;
- em condições normais de temperatura.

4. Exerce uma força distensiva, sobre cada um dos materiais, puxando as suas extremidades. Regista na tabela o que sucede a cada um deles.

5. Aquece, agora, cada material-prova através de fricção suave com as mãos. Em seguida, submete cada um desses materiais a uma força compressiva contra a bancada de trabalho. Na tabela faz os teus registos.

6. Vamos agora aplicar uma força distensiva. Aquece de novo os materiais-prova referidos no procedimento anterior e submete-os a essa força. Faz os teus registos.

7. Aquece à lamparina os seguintes materiais: vareta de vidro, prego de ferro, argila humedecida embrulhada em papel de alumínio. Usa a pinça de madeira para os segurares. De seguida, aplica, a cada um, uma força compressiva, usando o alicate. Regista na tabela as tuas observações.

8. Volta a aquecer os materiais-provas usados no procedimento anterior mas, desta vez, aplica uma força distensiva. O que observas? Faz os registos na tabela.

9. Segura no lápis e pressiona-o com o bico para baixo, com força, contra a tua bancada. Regista o que observaste.

10. Uns materiais deformaram-se mais do que outros.

10.1. Refere o nome dos que se deformaram.

10.2. Explica as diferenças encontradas na deformação.

10.3. Após a retirada da força, alguns dos materiais voltaram à sua forma inicial. Elabora uma hipótese explicativa deste fenómeno.

11. O calor assumiu um papel decisivo na deformação

11.1. Explica o contributo do calor na deformação.

11.2. Aponta as diferenças observadas entre as duas formas de aquecimento do prego.

12. Estabelece relações comparativas entre os materiais que usaste e os que constituem a Terra, dando exemplos.



E de onde provêm as ondas sísmicas?

Hipocentro

O m.q foco. Ponto ou região do interior da litosfera de onde se origina o sismo. Quando o hipocentro se situa perto da superfície, o sismo manifesta-se com movimento intenso no epicentro. Quando o hipocentro é mais profundo, o sismo manifesta-se por movimento reduzido no epicentro, mas com larga distribuição.

Por agora interessa definir, como dissemos, que no momento em que as rochas se movimentam ou quebram originam-se ondas sísmicas. Estas ondas têm a propriedade de se propagar através da camada superficial da Terra a distâncias consideráveis. A origem da maior parte dos sismos dá-se a uma profundidade inferior a 60 km, ainda que alguns se tenham gerado a 700 km no interior da Terra. Os geocientistas designam tal local de **hipocentro** sendo a sua projeção à superfície o **epicentro** (Figura 2.19).

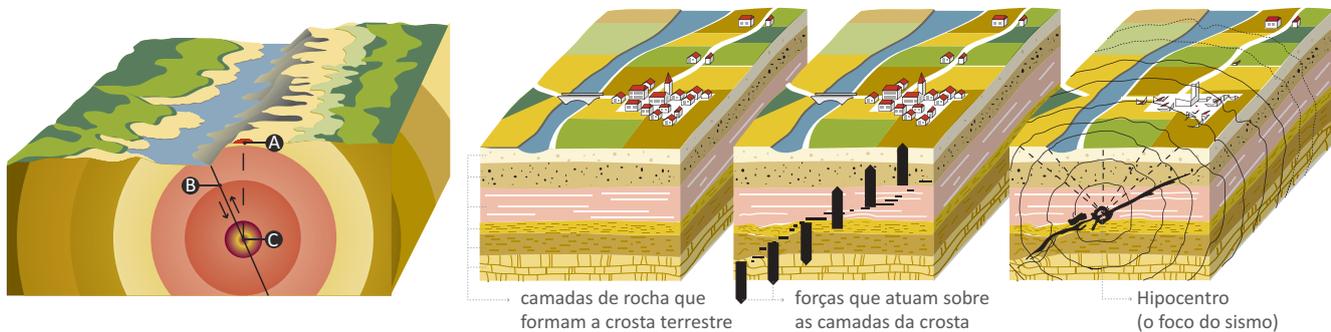


Figura 2.19. Epicentro (A). Falha (B). Hipocentro (C).

Epicentro

Ponto da superfície terrestre mais próximo do hipocentro.

O registo das ondas sísmicas, o **sismograma**, é feito em instrumentos denominados de **sismógrafos** (Figura 2.20). A Atividade 2.8 vai permitir-te a familiarização com este tipo de registos.

Sismograma

Registo em papel feito pelos sismógrafos dos movimentos do solo.

Sismógrafo

Instrumento para registar a intensidade, hora e duração dos sismos.

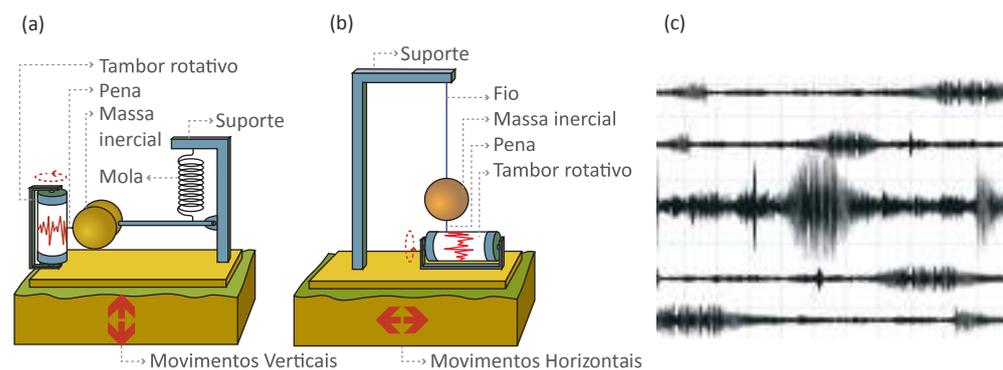


Figura 2.20. Sismógrafos vertical (a) e horizontal (b); sismograma (c).

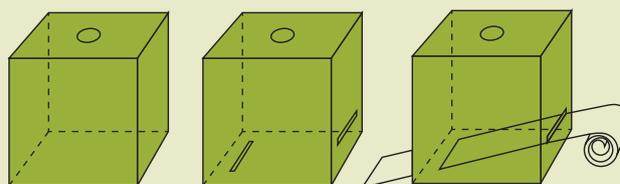
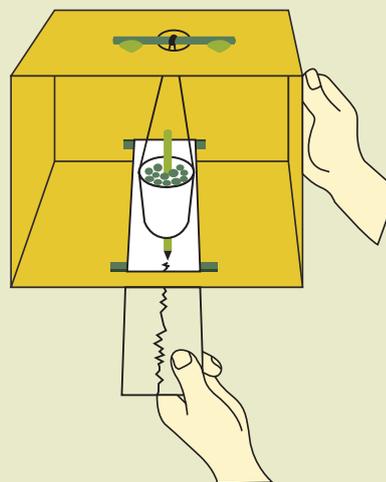
Problematizar

Como podemos simular um sismógrafo?

Atividade 2.8

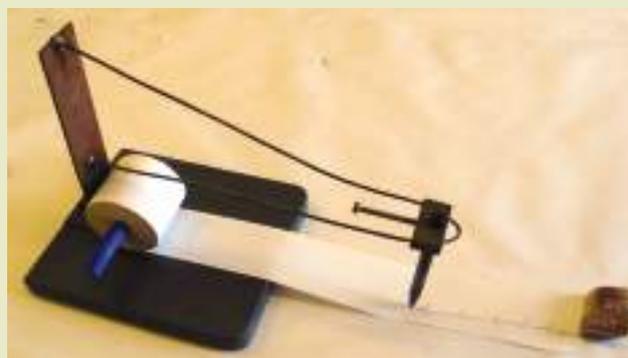
Vamos procurar simular um sismógrafo simples, para que possas perceber o seu papel no registo das vibrações.

1. Solicita ao teu professor o seguinte material: caixa de cartão com cerca de 30 cm de aresta; tesoura; régua; um rolo de papel de máquina registadora; fio forte (por exemplo, fio norte); lápis; copos de papel; marcador preto; pequenos fragmentos de rocha (1 copo); plasticina.
2. Coloca a caixa com a abertura voltada para a frente.
3. Abre um orifício com 4 cm de diâmetro no centro da face superior. Faz, de seguida, duas fendas com as dimensões 1 cm x 8 cm.
4. Corta 60 cm de papel de máquina registadora e introduz essa tira de papel através das fendas da caixa de tal modo que passem cerca de 4 cm além da aresta da caixa.
5. Corta 60 cm de fio.
6. Usa a ponta do lápis para abrir dois buracos diametralmente opostos no copo logo abaixo da abertura. Introdz o fio por esses buracos.
7. Passa as extremidades do fio através do orifício da parte superior da caixa.
8. Amarra essas extremidades no lápis e deita-o sobre o orifício da caixa.
9. Pressiona as extremidades do marcador através da base do copo até furar. Enche o copo com fragmentos de rocha.
10. Enrola o fio à volta do lápis até que a ponta do marcador toque na fita de papel de máquina.
11. Usa plasticina para fixares o lápis, evitando que o fio desenrole.
12. Puxa o papel de máquina com uma mão e bate na caixa com a outra mão, umas vezes suavemente, outras de modo mais forte.
13. Observa o traçado feito pelo marcador no papel.
14. Relaciona os batimentos na caixa de cartão com acontecimentos na natureza.
15. Assinala a que corresponde o traçado registado no papel.
16. Indica o que impede o marcador de vibrar tanto como a caixa.



17. Refere qual a parte da tua montagem que pretende simular o pêndulo de um sismógrafo, e o cilindro.

18. Na Figura que se segue podes ver um sismógrafo improvisado, um pouco mais complexo, cujo mecanismo de funcionamento é basicamente o mesmo. Procura criar o teu próprio sismógrafo, aperfeiçoando-o. Consulta alguns sítios Web, como por exemplo, <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=23249>.



Se a Terra fosse homogénea no seu interior, ou seja, se a composição e materiais fossem idênticos em qualquer ponto do globo, a velocidade das ondas seria constante e a velocidade retilínea (Figura 2.21).

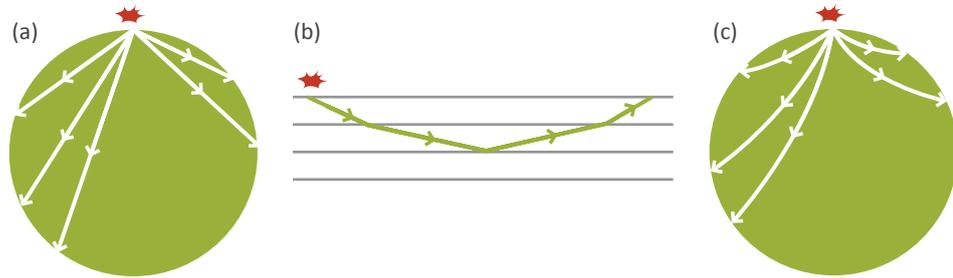


Figura 2.21. (a) Propagação teórica das ondas sísmicas se o interior da Terra fosse homogéneo; (b) propagação de uma onda sísmica num meio estratificado; (c) propagação das ondas sísmicas no interior da Terra.

Ondas P

O m.q. ondas primárias ou longitudinais. Consideram-se valores típicos de velocidade 330 m/s no ar, 1450 m/s na água e 5000 m/s no granito.

Porém, no sismograma ficam registados vários tipos de ondas sísmicas. Quando ocorre um sismo, parte da energia propaga-se através do meio (Figura 2.22) sob a forma de **ondas P** (rápidas, de tipo compressivo, propagando-se em meios sólidos ou líquidos), e a outra parte desloca-se ao longo da superfície sob a forma de ondas superficiais (com menor velocidade).

A velocidade das ondas P, também simuladas na Figura, cresce com o aumento da profundidade.

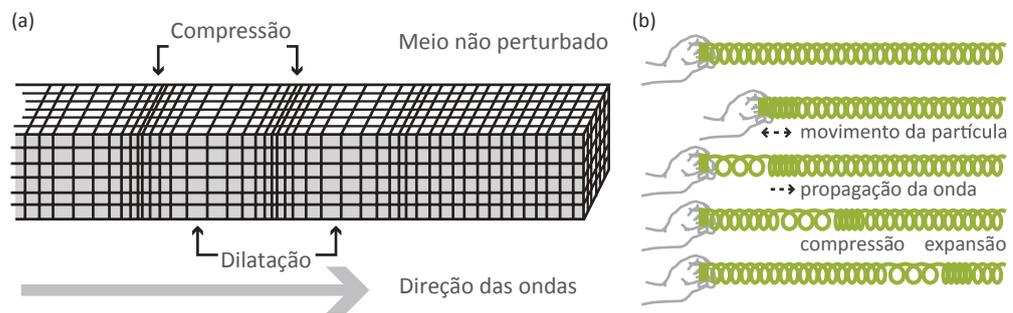


Figura 2.22. Ondas P (a); simulação da propagação das ondas P (b).

Ondas S

O m.q. ondas secundárias, transversais ou *shear*. Uma boa analogia para este tipo de ondas é a corda de uma guitarra que é posta a vibrar.

Há outro tipo de ondas – **ondas S** (Figura 2.23) – que apresentam um movimento de vibração perpendicular à direção de propagação. São, por isso, ondas do tipo transversal (ou de corte ou cisalhamento). Estas ondas apenas se propagam em meios sólidos e mais rapidamente à medida que a profundidade aumenta. A sua velocidade é menor em cerca de 60% que a das ondas P. Contudo, a energia do seu movimento é várias vezes superior, causando muitos mais danos que as ondas P.

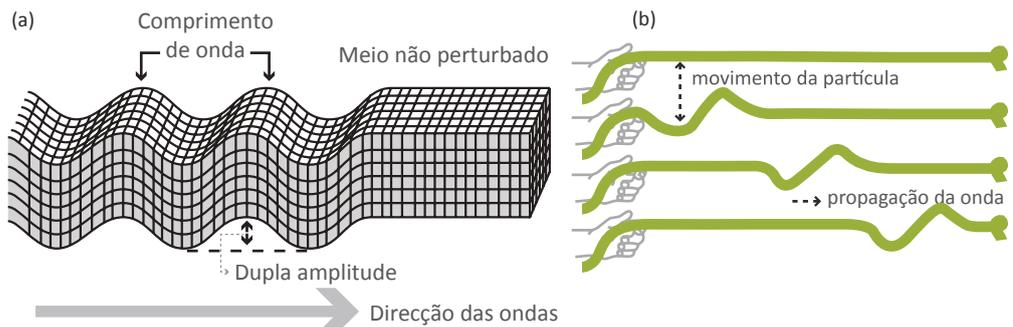


Figura 2.23. Ondas S (a); simulação da propagação das ondas S (b).

Quando uma perturbação é exercida na superfície livre de um meio, propaga-se a partir da fonte sob a forma de ondas sísmicas superficiais. Este tipo de ondas desloca-se a menor velocidade do que as ondas P.

Existem dois tipos de ondas superficiais: **ondas R** e **ondas L** (Figura 2.24). Distinguem-se entre si pelo movimento que as partículas descrevem na frente da onda. As ondas L são de superfície e geram-se pelo resultado da interferência de duas ondas S. Produzem cisalhamento horizontal no solo e a sua energia é obrigada a manter-se nas camadas superiores da Terra. São ondas altamente destrutivas.

Ondas R

O m.q. ondas Rayleigh.

Ondas L

O m.q. ondas Love.

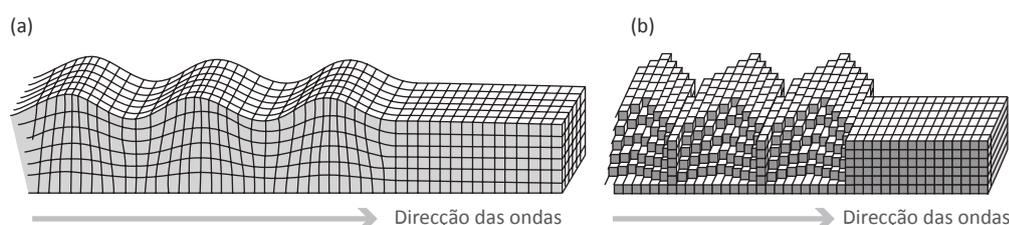


Figura 2.24. Ondas R (a); ondas L (b).

Quando ocorre um sismo, os sismógrafos situados até uma distância angular de 105° (cerca de 11 000 km) conseguem registar as ondas P e S. À medida que a distância aumenta, as ondas S são mais dificilmente detetadas. Assim, as zonas onde se produzem alterações bruscas na propagação das ondas sísmicas, a profundidades diferentes, indicam uma mudança na composição, estrutura e rigidez do material (Figura 2.25).

A zona onde as ondas P se deslocam a grande velocidade foi assinalada, nos limites, por discontinuidades, como se verá adiante, uma vez que ocorre passagem de um meio sólido para um meio líquido. Esta alteração do meio foi concluída devido à diferença de velocidade média entre as ondas P no mesmo hemisfério em relação às das antípodas.

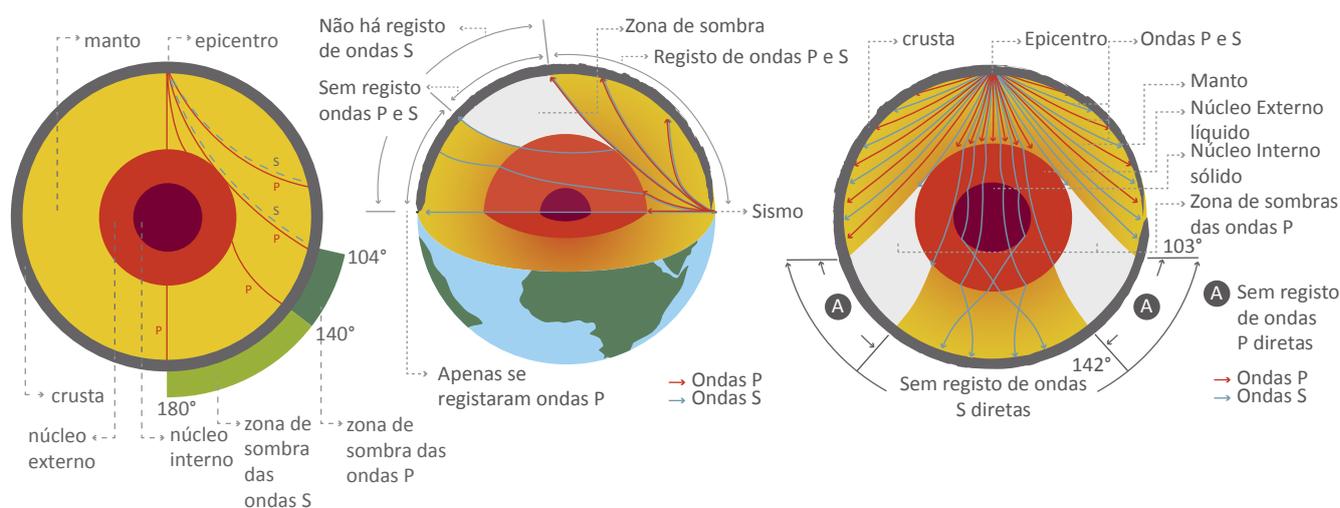


Figura 2.25. Propagação das ondas sísmicas.

Zona de sombra sísmica

Zona entre 103° e 143° a partir do epicentro de um sismo, na qual as ondas sísmicas diretas não são registadas. Isto deve-se à sua refração e absorção pelo núcleo terrestre.

Núcleo líquido

Foi proposto pelo geólogo irlandês Richard Dixon Oldham, em 1906, sugerindo que a Terra possuía um núcleo líquido (atualmente designado de núcleo externo).

Quando as ondas sísmicas atingem a profundidade de 2 900 km surge uma **zona de sombra sísmica**, devido ao modo de propagação das ondas no interior da Terra. Ao atingirem essa profundidade, as ondas S deixam de se propagar e as ondas P são desviadas na sua trajetória e diminuem bruscamente de velocidade (de 13 para 8 km/s).

Isto levou a concluir que no interior da Terra deveria existir uma zona constituída por materiais que se comportam como um líquido – **núcleo líquido** – o que impede a propagação das ondas S, provocando o desvio de propagação das ondas P, fazendo com que estas deixem de ser registadas entre os 103° e os 143° de distância epicentral.



Qual é o contributo do estudo dos corpos celestes no entendimento do interior da Terra?

O estudo dos planetas do Sistema Solar permite-nos tirar conclusões acerca do nosso próprio planeta. Quando admitimos que os elementos do Sistema Solar têm uma origem comum, concluímos que as características existentes nos outros planetas se aplicam ao nosso. Daí que os dados da planetologia e da astrofísica contribuam para o conhecimento do planeta Terra.

A lição dos meteoritos

Recorda-te que, na subunidade anterior, estudaste o conceito de meteorito, tendo-o definido como fragmento de matéria sólida do espaço exterior que entra na atmosfera da Terra e, ainda que parcialmente vaporizado, consegue alcançar a superfície terrestre.

A resistência de fricção com a atmosfera aquece intensamente a superfície externa do objeto, porém, este calor não penetra totalmente no interior do meteorito, que alcança a Terra com a sua composição original e a sua estrutura invariável. Ainda assim, toda a massa pode explodir antes do impacto, espalhando fragmentos sobre uma área extensa.

Este é um dos aspetos mais extraordinários do seu contributo para o conhecimento da Terra: apresentarem-se com a composição original e a sua estrutura invariável. E quando os geocientistas determinaram a sua idade, ficaram surpresos. Há um elevado grau de concordância nas idades de formação de todos os tipos de meteoritos: 4500 milhões de anos.

E sabias que esta idade, é cerca de 700 milhões de anos maior que a da rocha mais antiga conhecida na crosta terrestre? Estás a entender as implicações deste facto?

Isso mesmo! No início da década de 1970, quase por acaso, foram descobertos muitos meteoritos na superfície do gelo antártico. Estes meteoritos no gelo estão muito bem conservados, e os geocientistas acreditam muito que a intensa investigação química desses exemplares extraordinários traga uma nova luz acerca da origem do Sistema Solar (Figura 2.26).

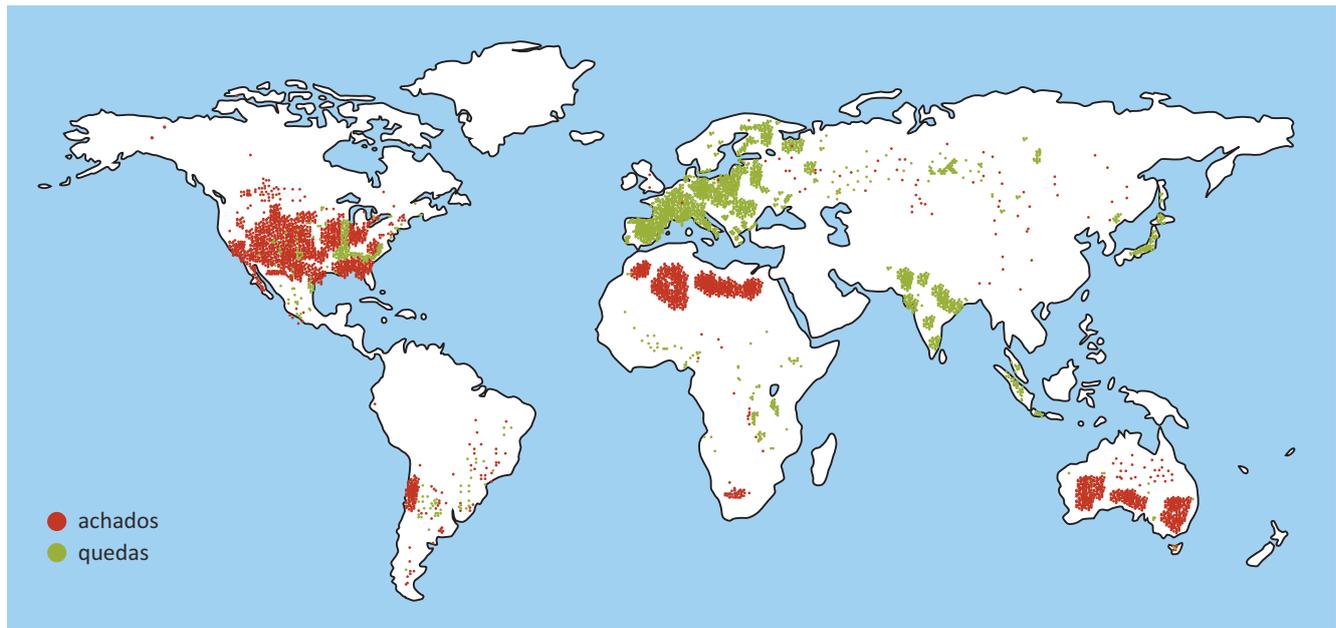


Figura 2.26. Localização dos achados e das quedas de meteoritos no mundo.

Os meteoritos podem agrupar-se, de acordo com a sua composição química e estrutura, em três grupos:

- **férreos** (Figura 2.27), compostos quase inteiramente por uma liga de ferro e níquel (4-20%);
- **pétreos** (Figura 2.28), na sua maior parte constituídos por silicatos, principalmente olivina e piroxena (com liga de níquel-ferro \leq 20%), podendo haver plagioclases. Um tipo destes meteoritos, os condritos, apresentam uma textura interna nunca observada em rochas da Terra. Os cristais de olivina ou de piroxena formam esferas (condrulos) com tamanho na ordem de 1 mm de diâmetro. Esta estrutura é verdadeiramente importante em relação à origem dos meteoritos pétreos, mas o seu significado, todavia, não se conhece. Outro grupo de meteoritos (acondritos) possuem uma textura de grão grosso que se parece com a das rochas ígneas plutónicas da Terra;
- **petroférreos**, cujos minerais silicatados e o níquel-ferro podem formar um meio contínuo que engloba corpos esféricos de minerais silicatados.

Meteoritos férreos

O m.q. sideritos. Correspondem a cerca de 4,5% dos meteoritos coletados.

Meteoritos pétreos

O m.q. aerólitos. Cerca de 94% dos meteoritos encontrados.

Meteoritos petroférreos

O m.q. siderólitos. Cerca de 1,5% dos meteoritos catalogados.



Figura 2.27. Meteorito férreo Sikhote Alin que caiu sobre Sibéria em meados do séc. XX.



Figura 2.28. Meteorito pétreo

A suposição de que os planetas terrestres se formaram da mesma substância que os meteoritos tem reforçado a ideia de que o núcleo da Terra é composto por níquel-ferro, e o manto, de silicatos de ferro-magnésio.

? Estás agora preparado para viagens pelo interior da Terra?

Todos estes elementos permitiram que os geocientistas propusessem modelos da estrutura interna da Terra. Podemos realizar esta viagem na companhia dos físicos (seremos então geofísicos) ou na companhia dos químicos (seremos então geoquímicos). Como é natural, os físicos têm uma preferência pelas características físicas dos materiais, enquanto que os químicos dão mais valor às características químicas.

Qual das duas viagens nos é mais proveitosa? Ambas!

Crusta

O m.q. crosta. Tem uma espessura entre 6 e 70 km (6 a 12 km nas zonas oceânicas, e até 70 km, com 30-35 km de média, sob os continentes). Tem densidade de 2,7 (para a continental) a 3,0 (para a oceânica).

O modelo geoquímico da estrutura interna tem em consideração a composição dos materiais que compõem a Terra. Em termos de analogia, a imagem do ovo é muito atraente. Assim, a camada mais externa é a **crusta**, que corresponde à casca. Mas a uma casca muito fina. Tão fina, como um selo colado numa bola de futebol.

Distinguem-se dois tipos de crosta. A crosta continental (Figura 2.29) engloba os continentes, continuando debaixo do mar, incluindo o que os geógrafos designam por plataforma continental e talude continental. Tem uma espessura média de 32 km, mas pode ultrapassar os 100 km. É uma crosta muito velha, pois foram-lhe datadas rochas com idades até cerca de 4000 milhões de anos, abrangendo 85% da história total da Terra.

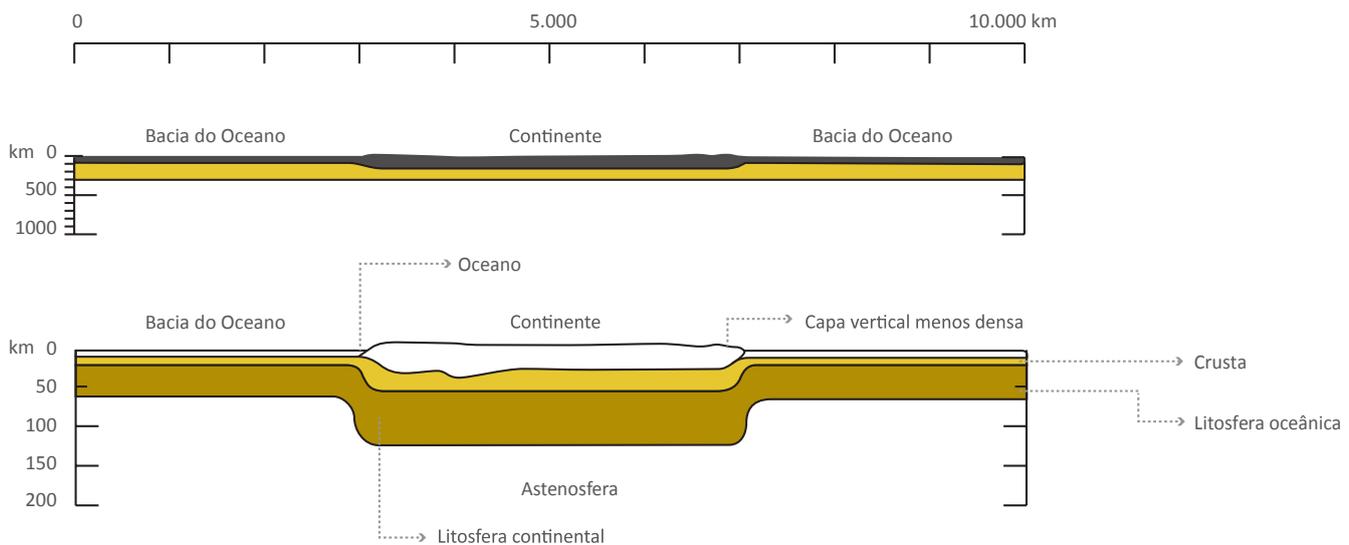


Figura 2.29. Corte esquemático da crosta oceânica sob os continentes e as bacias oceânicas.

A crosta continental é um conjunto de rochas plutônicas, vulcânicas e sedimentares, metamorfas em distintos graus, quase sempre mais intensos quanto maior é a profundidade. A composição da parte superior da crosta continental é de tipo xisto-granítico e a inferior parece ser de tipo granulítico (ver Unidade Temática 3).

A crosta oceânica, relativamente à crosta continental, é muito mais fina (6-7 km), mais densa e uma composição comprovadamente gabróide e basáltica. É também uma crosta muito mais jovem do que a crosta continental.

Deixando a crosta entramos no **manto**, passando pela descontinuidade de Mohorovicic. É um limite muito nítido sob as zonas estáveis (oceanos e partes antigas dos continentes), onde se passa ao manto em apenas 100 m, mas é muito menos marcado em zonas muito dinâmicas (como as cadeias de montanhas recentes). Neste intervalo, as velocidades sísmicas aumentam mais de 1 km/s, adquirindo as ondas P e S, respetivamente, valores próximos a 8 e 5 km/s.

Tudo aponta para que o manto seja formado por rochas do grupo dos **peridotitos** (Figura 2.30): são parecidos com os condritos; parcialmente fundidos originam magmas basálticos (os magmas mais comuns); as sondagens marinhas, realizadas em blocos oceânicos levantados e erodidos encontraram-nos debaixo dos materiais da crosta terrestre; as ondas sísmicas não se propagam com igual valor em todas as direções (as velocidades máximas e mínima das ondas no manto é quase igual às testadas experimentalmente nos peridotitos).

A crosta (continental e oceânica), sendo menos densa que o manto, tende a flutuar nele (fenómeno designado por isostasia), como a madeira na água. Só que tanto a crosta como o manto são sólidos.

Atravessando a descontinuidade de Gutenberg, a 2900 km de profundidade, o cenário muda bruscamente quando entramos nesta enorme e escaldante bola de ferro. Segundo alguns dados sísmicos, o **núcleo** terá densidades entre 10-13 g/cm³. O ferro é o único elemento abundante no Sistema Solar, como vimos no estudo da natureza química dos meteoritos, tendo uma densidade próxima a este valor. Ainda assim, o ferro isolado ou ligado ao níquel torna-se demasiado denso para o núcleo. Os geocientistas consideram que deve existir um outro elemento mais leve (talvez enxofre, formando sulfuretos de ferro, como nos meteoritos).

Se pensarmos num ovo cozido, a crosta corresponde à casca, o manto à clara e o núcleo à gema.

O modelo geofísico da estrutura interna (Figura 2.31) tem em consideração a rigidez dos materiais que compõem a Terra.

A camada mais externa e mais rígida designa-se de litosfera, que inclui a totalidade da crosta e parte do manto superior, chegando até ao canal de baixa velocidade. Também neste caso, a litosfera sob os continentes é mais grossa do que a litosfera sob os oceanos. Mais ainda do que a crosta, é a litosfera que merece ser comparada com a casca do ovo. Mas esta casca está partida.

Por debaixo encontra-se a **astenosfera**, que corresponde a uma zona da parte superior do manto de rocha branda, talvez parcialmente em fusão, devido às temperaturas elevadas (1400 °C). A **mesosfera**, corresponde à camada rígida

Manto

Camada com perto de 2900 km de espessura, situada entre a crosta e o núcleo. Tem densidade de 3,5 a 5,5 g/cm³.

Peridotitos

Rochas ultrabásicas e ultramáficas granulares, com olivina e piroxena. São rochas características do manto terrestre.



Figura 2.30. Peridotito.

Núcleo

Região mais profunda da Terra. É esférico, com um raio de cerca de 3470 km.

Astenosfera

Camada plástica de rocha sólida correspondendo à parte inferior do manto superior.

Mesosfera

O m.q. manto inferior. Encontra-se entre os 700 km e os 2900 km.

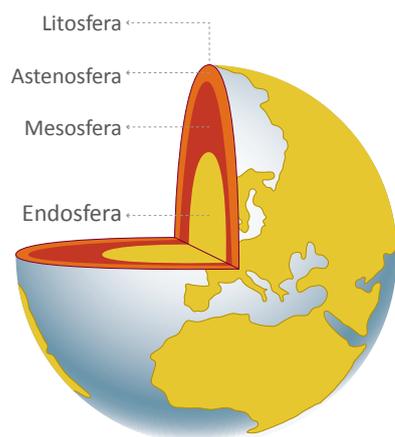


Figura 2.31. Modelo geofísico do interior da Terra.

Endosfera

O m.q. núcleo externo. Há indícios que apontam para a parte interna do núcleo ser sólida (com diâmetro de 2530 km). A densidade é de 12 a 18 g/cm³, com temperaturas à volta dos 300° C. O núcleo externo (com diâmetro de 6930 km) está no estado líquido, intensamente quente (cerca de 2500° C) e submetida a uma grande pressão. A densidade é de 10 a 12 g/cm³.

do manto que se localiza entre a astenosfera e a endosfera. Na **endosfera** as condições de pressão e temperatura existentes nesta zona mais superficial do núcleo fazem com que até aos 5150 km os materiais se encontrem num estado que parece corresponder ao líquido, já que as ondas S não o atravessam. As temperaturas são muito elevadas – cerca de 2500 °C – e a pressão altíssima. O magnetismo da Terra parece produzir-se nesta zona. A descontinuidade de Lehman separa os dois núcleos. O núcleo interno, com os materiais em estado sólido, tem pressões três milhões de vezes maiores que as da superfície.

Na Figura 2.32 apresenta-se uma correspondência entre os dois modelos.

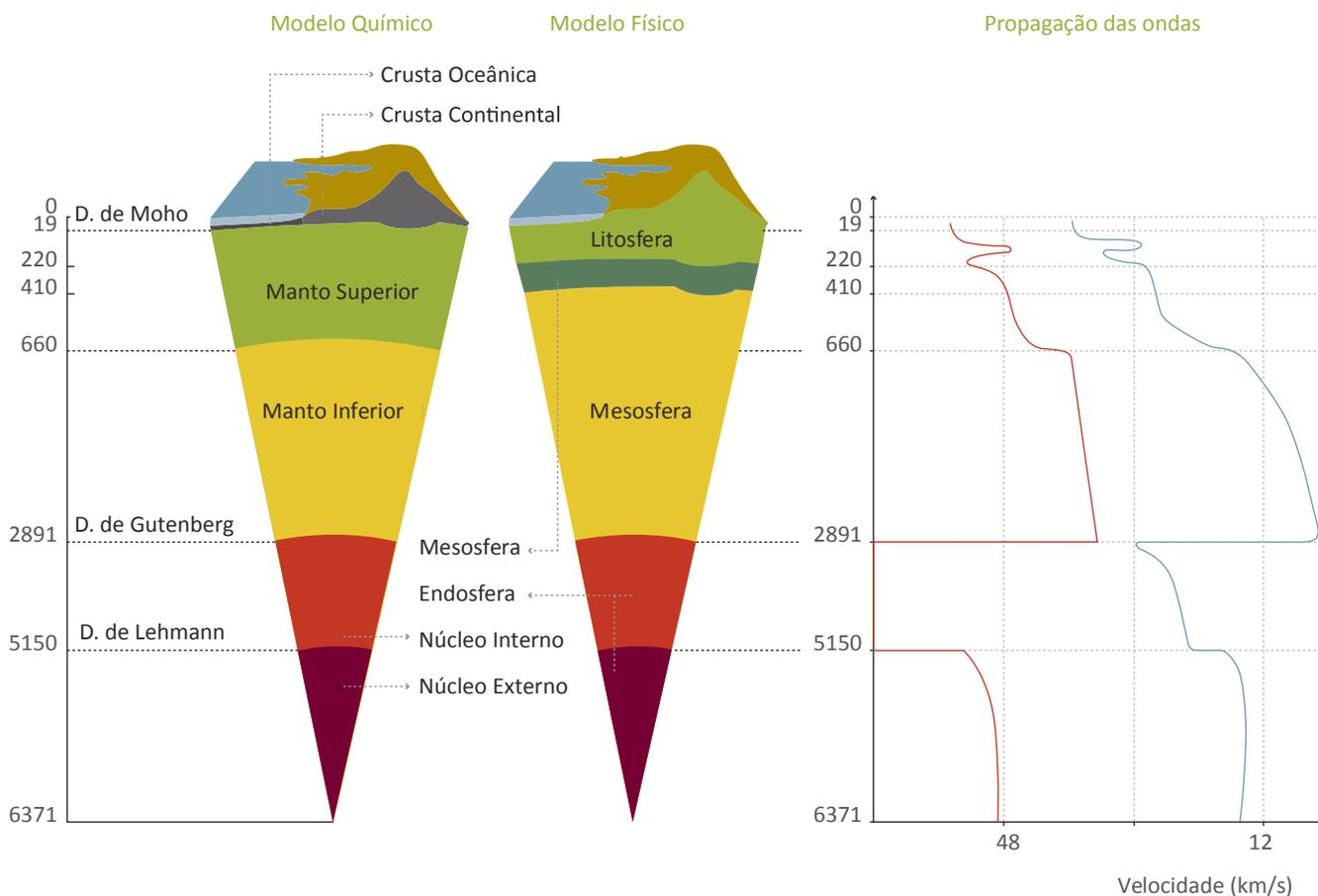


Figura 2.32. Correspondência entre o modelo geofísico e o modelo químico do interior da Terra.



Problematizar

Como podemos fazer um modelo do interior da Terra?

Atividade 2.9

1. Solicita ao teu professor o seguinte material: plasticina, barro, esferovite, tintas para colorir, canivete.
2. Utilizando o material que selecionaste, faz um modelo de um corte do globo terrestre, representando as diferentes camadas de acordo com os critérios considerados. Procura, dentro do possível, manter as dimensões relativas das diferentes zonas.
3. Pinta as diferentes regiões, para realçar os contrastes.
4. Explica a importância dos modelos em ciência, apresentando vantagens e inconvenientes.

Síntese

- A forma física da Terra, dada pelo campo gravítico real, é um geóide.
- Os geocientistas usam métodos diretos de recolha de informação para estudar o interior da Terra, como por exemplo, observações diretas em minas e em afloramentos de massas rochosas (incluindo os ofiolitos), sondagens, poços de perfuração, material expelido numa erupção vulcânica.
- Os materiais podem sofrer deformações temporárias ou definitivas, em função da sua composição, pressões a que são submetidos e condições do ambiente (temperatura). Se uma massa rochosa ultrapassar o seu limite de resistência, pode fraturar.
- Uma falha corresponde ao movimento de dois blocos resultantes de uma fratura.
- Os sismos são movimentos bruscos da crosta terrestre que podem ter diferentes causas (por exemplo: falha, explosão).
- O local onde se gera o sismo designa-se por hipocentro e a sua projeção à superfície por epicentro.
- Os movimentos sísmicos geram ondas que podem ser registadas em sismógrafos, sob a forma de um sismograma. Existem ondas volúmicas (P e S) e ondas superficiais (L e R).
- A velocidade e tipo de ondas que os sismógrafos registam contribuem para o conhecimento dos meios de propagação das ondas sísmicas e consequentemente, para a definição de modelos da estrutura interna da Terra.
- Os dados da planetologia e da astrofísica contribuem para o conhecimento do planeta Terra.
- O estudo dos meteoritos contribui para o conhecimento das primitivas rochas da Terra, já que chegam à superfície terrestre com a composição original e a sua estrutura invariável.
- Existem, atualmente, dois modelos complementares da estrutura interna da Terra: modelo geoquímico e modelo geofísico.
- No modelo geoquímico, a estrutura interna da Terra é dividida em crosta (camada mais externa), manto e núcleo, havendo descontinuidades sísmicas a separar as camadas. No modelo geofísico, a estrutura da Terra está dividida em litosfera, astenosfera, mesosfera, núcleo externo e núcleo interno.

Questões em aberto

Na astenosfera (zona branda do manto), as rochas podem adaptar-se aos esforços através de uma fluência lenta. Como explicar, então, os sismos com foco intermédio ou profundo? Será a astenosfera um nível universal?

Sítios Web úteis

http://moho.iag.usp.br/SnE/sites/default/files/projeto_andar_correrfinal.pdf

http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_geologico/

http://www.icdp-online.org/front_content.php

<http://www.iodp.org/>

<http://www.jamstec.go.jp/chikyu/eng/index.html>

<http://www.usgs.gov/>

Avaliação

Para avaliares as aprendizagens que foste desenvolvendo relativamente à temática desta subunidade, responde no teu caderno as questões que se seguem.

1. Associa as letras da chave aos números que descrevem os métodos diretos, escrevendo-os no teu caderno.

Chave

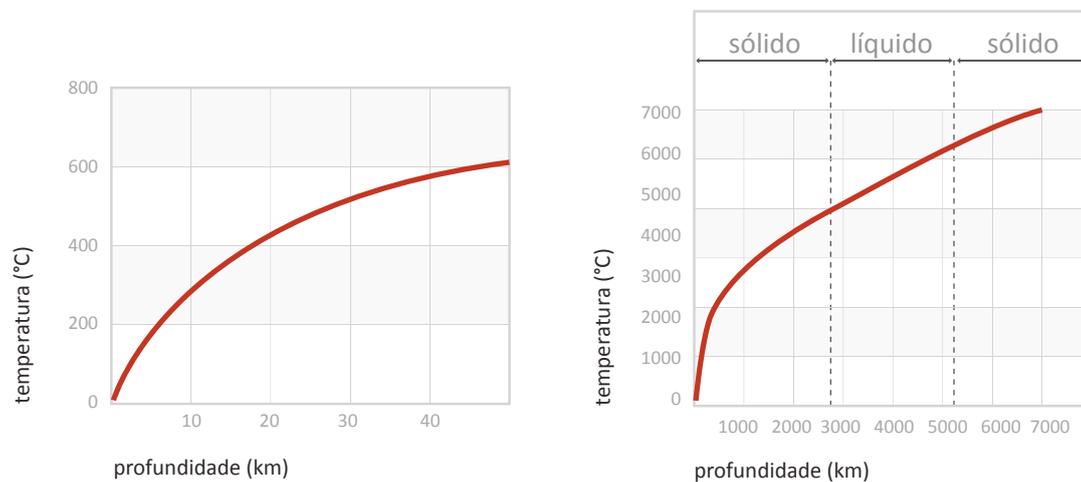
- | | |
|------------------------|------------------------------------|
| (A) Sondagens | (C) Estudo da superfície visível |
| (B) Magmas e Xenólitos | (D) Exploração de jazigos minerais |

Métodos Diretos

- i. Efetuada em minas e escavações, fornece dados diretos até profundidades entre os 3-4 km.
 - ii. Permite o conhecimento mais ou menos completo das rochas e de outros materiais que afloram ou que é possível ver diretamente em cortes de estradas e de túneis. Esse estudo pode ser completado em laboratório, mas restringe-se a uma parte muito superficial da Terra
 - iii. Perfurações envolvendo equipamento apropriado que permitem retirar colunas de rochas correspondentes a milhões de anos de história.
2. Indica a principal dificuldade que os engenheiros têm em perfurar a Terra, para além dos 12 km.
 3. Relaciona o grupo de rochas que, hipoteticamente, existe na astenosfera com a natureza do ofiolito, apresentando uma justificação.
 4. Faz corresponder os conceitos da coluna I às frases da coluna II, escrevendo no teu caderno o número e a letra respetiva.

Coluna I	Coluna II
(1) Crusta	(A) É mais espessa que a crosta oceânica
(2) Crusta continental	(B) Zona de rocha branda localizada no manto
(3) Crusta oceânica	(C) Está no estado sólido
(4) Manto	(D) Estudo de sondagens
(5) Núcleo interno	(E) Camada mais externa da Terra
(6) Núcleo externo	(F) Está no estado líquido
(7) Astenosfera	(G) Onde se localizam os epicentros dos sismos
(8) Litosfera	(H) Tem as temperaturas mais elevadas
(9) Meios indiretos	(I) Pode ter 5 km de espessura
(10) Meios diretos	(J) Estudo de ondas sísmicas
	(L) Formada pelo magma que pode emergir nas erupções vulcânicas
	(M) Camada dura e quebradiça

5. Lê os dois gráficos que se seguem, que traduzem a variação da temperatura em função da profundidade.



- 5.1. Indica as temperaturas aproximadas nas seguintes profundidades: 10 km, 30 km; 1000 km; 3000 km.
- 5.2. Indica a profundidade aproximada em que a temperatura atinge 5000 °C.
- 5.3. Refere o nome da zona da Terra onde os materiais estejam fundidos.
- 5.4. Formula uma hipótese para, a partir dos 5000 km, os materiais estarem no estado sólido.

2.3 A Terra inquieta

A Geologia clássica apenas podia estudar os continentes. Com a audácia de Wegener, o mundo começou a pensar que estamos numa “jangada” em cima do manto. Isso foi o motivo para vários geocientistas canalizarem as suas energias para o estudo da mobilidade dos continentes. Com as pesquisas pós-II Guerra Mundial, ao nível dos oceanos foi possível reunir um conjunto de informação para formular uma teoria global da Terra: a Teoria da Tectónica de Placas. Uma verdadeira revolução científica. Como evoluirá a Tectónica de Placas no futuro?



Em que consiste a teoria da deriva continental?

O que faz mover os continentes? Qual é a morfologia dos fundos oceânicos?

Em que medida o paleomagnetismo contribuiu para a definição da expansão dos fundos oceânicos?

Será a Tectónica de Placas uma verdadeira tectónica do globo?



Conceitos-chave

- Ciclo orogénico
- Cisalhamento
- Correntes de convecção
- Deriva continental
- Expansão dos fundos marinhos
- Falha transformante
- Gondwana
- Laurásia
- Métodos acústicos
- Morfologia dos fundos oceânicos
- Paleomagnetismo
- Pangea
- Placas tectónicas
- Rife
- Tectónica de Placas
- Zona de subducção



Metas de aprendizagem

- Discute a deriva continental, com base em argumentos que a apoiam e nas fragilidades que lhe foram apontadas.
- Esquematiza a morfologia dos fundos oceânicos, localizando as suas diferentes zonas.
- Explica o contributo do conhecimento sobre a expansão dos fundos oceânicos e o paleomagnetismo para a compreensão da dinâmica interna da Terra.
- Relaciona a Tectónica de Placas com a Tectónica Global.
- Identifica fatores que podem condicionar a evolução do conhecimento científico.

Placas litosféricas

Um dos conceitos importantes, apresentado na subunidade anterior, é o de que a litosfera é rígida, formando uma casca dura capaz de se deslocar em bloco por cima da astenosfera relativamente mole e plástica. Trata-se de um movimento muito lento.

Problematizar

Como podes experimentar esse movimento?

Atividade 2.10

Vais fazer uma experiência que te pode ajudar a compreender melhor o tipo de movimentos da litosfera sobre a astenosfera.

1. Solicita ao professor um baralho de cartas e cola.
2. Coloca o baralho de cartas em cima da mesa.
3. Cola as 10 cartas de cima e junta-as como um bloco compacto às demais.
4. Faz um desenho da montagem.
5. Aplica, durante 5 segundos, uma força horizontal pouco intensa no bordo do baralho.
6. Faz novo desenho com o que observas.
7. Estabelece uma correspondência entre o conjunto das 10 cartas coladas e a porção superficial da Terra. Fundamenta a tua resposta.
8. Legendas o teu segundo desenho, incluindo a força aplicada.
9. Explica o “comportamento” das cartas após a aplicação da força.
10. Descreve o que sucedeu à carta base do baralho.

No esquema da Figura 2.33 representa-se litosfera continental, que inclui uma camada da crosta superior de rocha de menor densidade. Repara que esta camada crustal não existe na litosfera oceânica. Quando estudares, os minerais e as rochas, será mais fácil assimilares os nomes das rochas das camadas que constituem a litosfera.

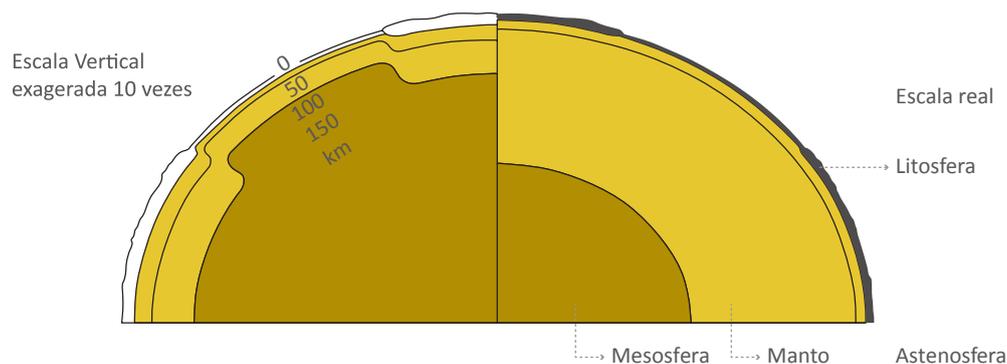


Figura 2.33. Representação da litosfera continental e da litosfera oceânica.

Vais agora recuar um pouco no tempo, para que possas perceber como o conhecimento geológico foi sendo construído, particularmente sobre um dos aspetos que passou para o quotidiano das pessoas: “os continentes, em tempos geológicos passados, já estiveram juntos”.

Alguns dos testemunhos que nos permitem conhecer o passado da Terra começaram a intrigar os estudiosos do assunto. Assim, por exemplo, no século XVII, os cartógrafos começaram a salientar o facto de o recorte das costas parecer encaixar, particularmente no caso dos continentes americano e africano.

Problematizar

Quais terão sido as evidências em que se basearam os cartógrafos?

Atividade 2.11

Para realizares esta atividade realiza as tarefas que se apresentam a seguir.

1. Solicita ao professor o seguinte material: tesoura, mapamundo, papel vegetal, lápis, borracha.
2. Coloca o papel vegetal em cima do mapa e decalca os contornos de todos os continentes.



3. Recorta, com a tesoura, cada continente desenhado no papel vegetal.
4. Observa com atenção os contornos dos continentes. Procura zonas de concordância entre os recortes das costas e une-as.
5. Coloca uma nova folha de papel vegetal em cima dos teus continentes, que estão juntos, e decalca, agora, os novos contornos encontrados. Não te esqueças de marcar também as zonas mais inferiores.
6. Indica o nome dos continentes que apresentam contornos de costa mais concordantes.
7. A complementaridade entre os continentes ou é pura coincidência ou indicará uma história passada de união. Estabelece um plano de pesquisa que permita resolver esta dúvida.



Na atividade anterior encontraste, seguramente, alguma correspondência entre as costas dos continentes, essencialmente ao nível do continente africano e do continente sul-americano. Eles não encaixam exatamente, mas não te deves esquecer que as costas sofrem, em contínuo, ação erosiva das águas do mar, que lhes removem sedimentos de um local depositando-os em outro, modificando a sua morfologia.

Atualmente, a recolha de informação está mais facilitada, através de fotografias tiradas do espaço, como podes observar, por exemplo, através do *Google earth*.

Mas há outros testemunhos. Os **paleontólogos** conseguiram caracterizar a fauna e a flora de há cerca de 300 milhões de anos (Ma) e perceberam que eram muito semelhantes em zonas que estão atualmente muito afastadas, como seja a América do Sul, a África austral, a Índia e a Austrália.

Em 1864, foi encontrado na África do Sul um **fóssil** especial de réptil, dando-lhe o nome de *Mesosaurus tenuidens*. Poucos anos depois aparecia, agora no Brasil, outro exemplar *Mesosaurus brasiliensis* (Figura 2.34). Estudos recentes revelaram que os dois fósseis devem ser a mesma espécie.

O extraordinário deste achado é que o habitat do *Mesosaurus* restringia-se a zonas pantanosas ou lacustres. Podes pensar na consequência desta informação para a questão levantada na Atividade 2.11.

Paleontólogos

Cientistas que se ocupam do estudo dos fósseis.

Fóssil

Vestígios de seres vivos pré-históricos ou testemunhos da sua existência.

Mesosaurus

Réptil de pequeno tamanho (cerca de 40 cm), que viveu durante o Pérmico Inferior.

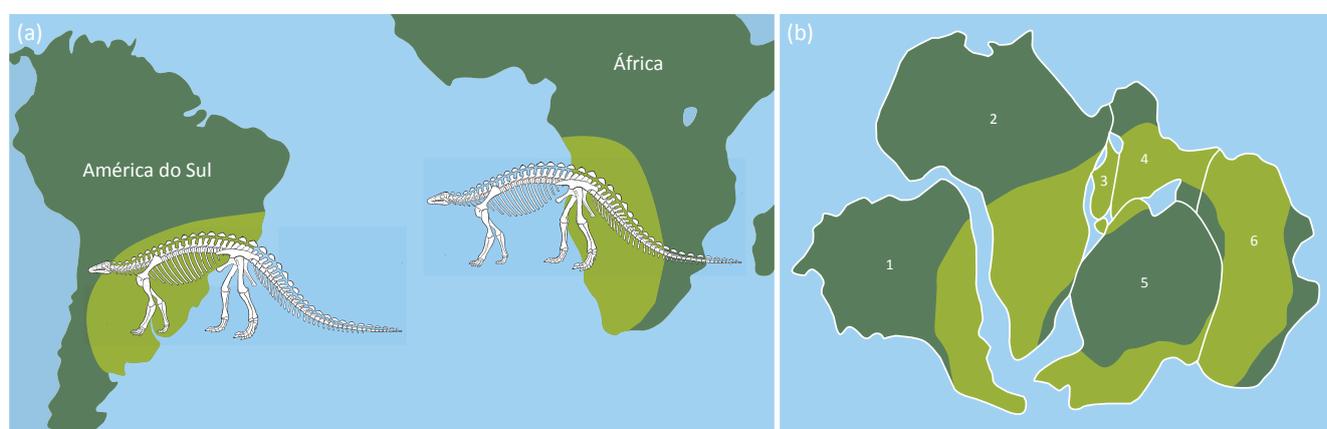


Figura 2.34. Distribuição do *Mesosaurus* nos continentes africano e sul-americano (a) e do *Glossopteris* na Austrália, África do Sul, América do Sul e Antártica (b)

Um outro fóssil que permite extrapolar estas ligações é o do feto *Glossopteris*. Apresenta ampla distribuição em terrenos de diversos continentes como, por exemplo, Austrália, África do Sul, América do Sul e Antártica (Figura 2.34), sendo característico do final do Paleozóico (cerca de 245 Ma).

A continuação das investigações revelou semelhanças paleontológicas entre zonas da América do Norte, Europa, norte de África e Ásia e muitas diferenças entre as faunas e floras do norte e sul do Globo.

? Como explicar a existência dos fósseis referidos em locais hoje, tão distantes?

Em outubro de 1911, **Alfred Wegener** (Figura 2.35), meteorologista, encontrou um artigo que lhe relatava o caso dos fósseis e plantas encontrados em lados opostos do Oceano Atlântico. Retomando uma ideia anteriormente avançada de que teriam existido pontes entre os continentes pensou que, em vez daquelas, estes poderiam ter estado ligados. E foi à procura de mais argumentos!

Alfred Wegener (1880-1930)

Meteorologista alemão, é o autor da teoria da “deriva continental”.



Figura 2.35. Alfred Wegener.

Descobriu indícios de uma grande glaciação, que afetou diversos continentes austrais, particularmente a América do Sul, a África, o Indostão e a Austrália – argumento paleoclimático.

Encontrou, também, indícios de correspondência, surpreendente, entre as cadeias montanhosas da América do Sul e de África – argumento morfológico. Foram identificadas rochas com a mesma idade e do mesmo tipo dos dois lados do oceano – argumento geológico.

Teoria da deriva dos continentes

A ideia de que os continentes, enquanto fragmentos da crosta continental, flutuavam sobre os materiais que hoje se considera manto superior, tinha sido proposta por outros autores, como Francis Bacon (séc. XVII), Benjamin Franklin (séc. XVIII) e Antonio Snider Pellegrini (1858). Wegener foi, porém, o primeiro a torná-la debate científico.

Alfred Wegener veio a publicar, em 1915, “A origem dos continentes e dos oceanos”. Aí defende a **teoria da deriva dos continentes**. Estes teriam já estado unidos durante os finais do Carbónico, há cerca de 300 milhões de anos, formando um único e gigantesco continente: a Pangea (Figura 2.36), dividido em dois sub-continentes:

- Gondwana, a sul, formado por África, Madagáscar, Índia, Austrália, Nova Zelândia e Antártica.
- Laurásia, a norte, constituído pela América do Norte, Gronelândia e Eurásia.

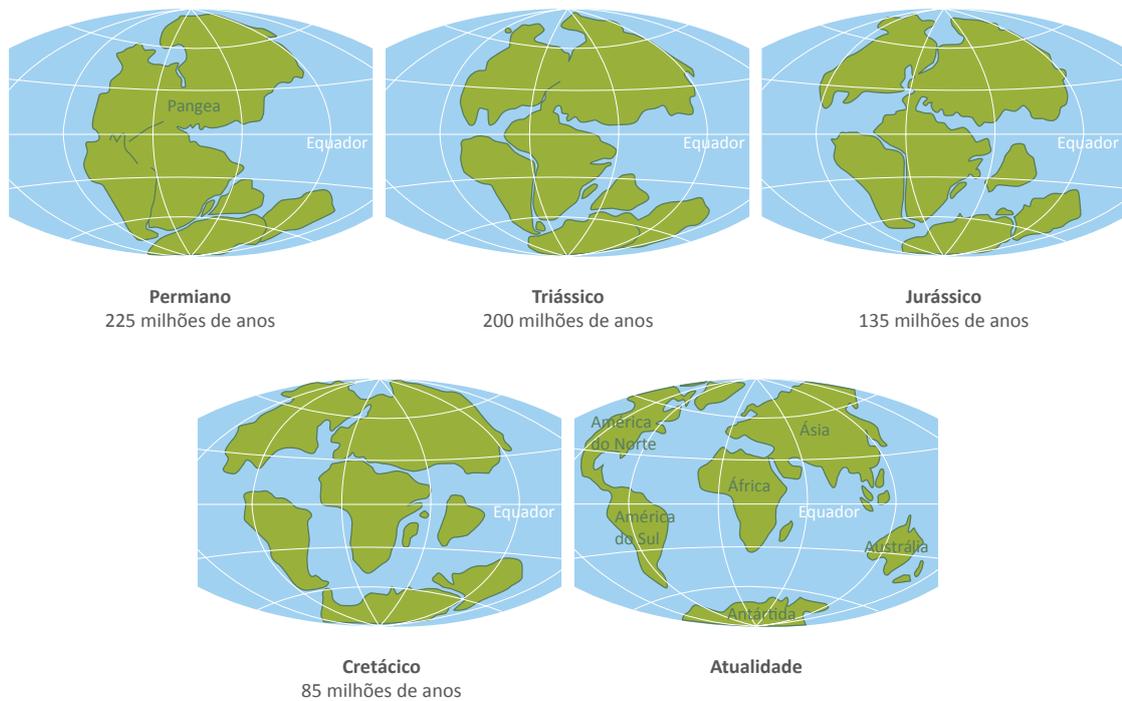


Figura 2.36. Distribuição das áreas continentais e oceânicas ao longo dos últimos 225 milhões de anos.

Problematizar

Como terá variado a posição dos continentes ao longo do tempo?

Atividade 2.12

Com base na Figura 2.36:

1. Descreve a posição dos continentes durante o Permiano, Jurássico, Cretácico e a atualidade.
2. Indica em que período ocorreu a abertura do Oceano Atlântico.
3. Refere em que período a Austrália se destaca de Gondwana.

Quanto à força responsável pelos movimentos, Wegener advogava que ela resultaria da ação das marés. Entre os opositores a Wegener, contam Sir Harold Jeffreys que, em 1924, argumentava que as forças consideradas seriam demasiado fracas para mover continentes e o geólogo R. Thomas Chamberlin, afirmando que “se queremos acreditar na hipótese de Wegener temos de esquecer tudo o que foi aprendido nos últimos 70 anos e começar tudo de novo”. Fases de maior e menor interesse da comunidade científica por esta controversia se seguiram, como, aliás, é próprio da construção do conhecimento científico.

O geólogo inglês **Arthur Holmes** (Figura 2.37), em 1929, procurou construir um modelo que explicasse o “motor” da deriva continental e que estivesse de acordo com os princípios da física. Como resultado, apresentou um sistema de **correntes de convecção** do manto (Figura 2.38).

Arthur Holmes (1890-1965)

Geólogo inglês, autor das obras *The age of the Earth* (1913) e *Principles of Physical Geology* (1944).



Figura 2.37. Arthur Holmes

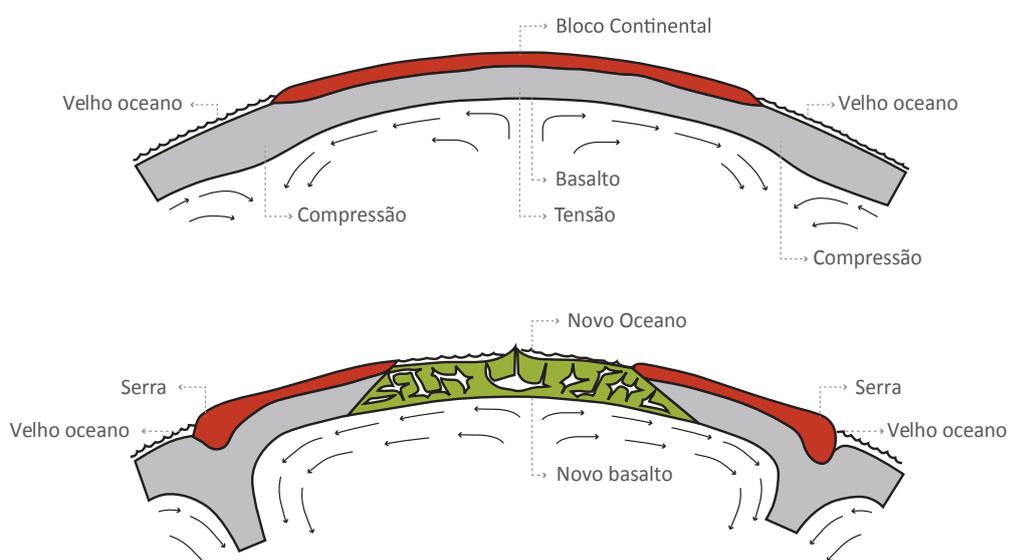


Figura 2.38. Esquema original de Holmes onde propôs a existência de correntes de convecção no manto, sob um megacontinente.

Corrente de convecção

Movimento de uma massa que afeta materiais do manto devido a variações de temperatura.

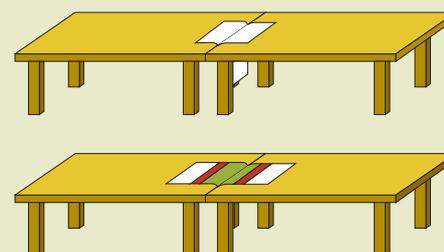
Problematizar

E onde está a evidência da expansão dos fundos oceânicos?

Atividade 2.13

Vamos realizar uma atividade que te dará uma ideia aproximada da forma como se processa a expansão dos fundos oceânicos.

1. Solicita ao professor o seguinte material: duas mesas escolares; duas folhas de papel A3; lápis de cor; uma régua; fita-cola.
2. Junta duas mesas da tua sala de aula, conforme se dispõem na Figura.
3. Une as duas folhas A3 lateralmente. Introduz cerca de 35 cm dessa folha maior na ranhura que resulta da união das mesas. Rebate depois cada parte de papel que ficou por cima da mesa. Traça uma linha reta em cada parte, assinalando a zona onde as mesas se unem.



4. Escreve em cada papel o nome de dois continentes que já estiveram juntos.
5. Puxa lentamente, com as duas mãos, cada um dos lados do papel, aproximadamente 3 cm.
6. Marca de novo a zona de união das mesas e pinta com uma cor à tua escolha, esses 3 cm de papel que saíram de ambos os lados.
7. Puxa novamente o papel de ambos os lados, aproximadamente 1 cm. Pinta agora com outra cor, a nova porção.
8. Repete o procedimento anterior, agora puxando 4 cm e depois 2 cm. Pinta em ambos os casos as respetivas porções.
9. No modelo que construístes interpreta o que representa o papel, bem como o significado das cores.
10. Refere o tipo de materiais que ascendem do interior da Terra.
11. Sabendo que os materiais que ascendem à superfície estão fundidos na astenosfera, explica como ficam depois sólidos.
12. Quando fixas um ponto num determinado sítio do papel, o que lhe acontece à medida que puxas o papel? Explica o significado desse processo.

? É a morfologia dos fundos oceânicos uma das evidências da expansão dos fundos? E qual é, de facto, essa morfologia?

Bruce Heezen (1924-1977)

Geólogo americano, famoso por ter mapeado a crista médio-atlântica durante os anos 50 do século XX.

Continuando ainda focado no fundo dos oceanos, estudados através de tecnologias muito avançadas, poderás recolher informação retirada da Figura 2.39.

Se reparares bem percebes que, existe uma simetria da topografia da bacia oceânica, a partir da dorsal médio-oceânica, sendo explicada pelo modelo de fraturação continental em aticulação com a expansão dos fundos. **Bruce Heezen**, em 1959, propôs uma classificação para os acidentes topográficos das bacias oceânicas expressos na Figura 2.39.

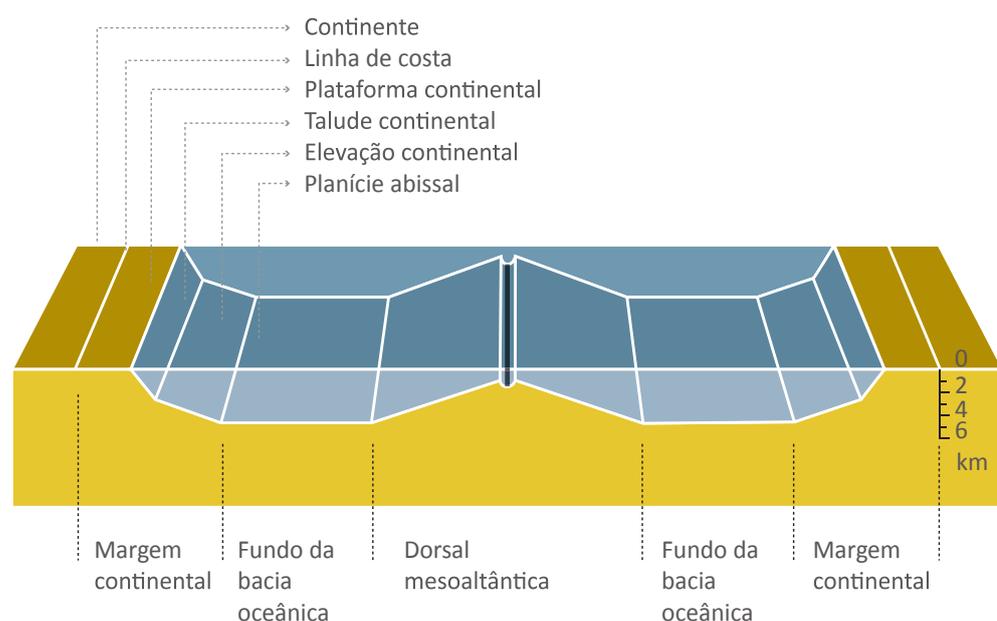


Figura 2.39. Grandes zonas da bacia norte do Oceano Atlântico.



Problematizar

Como podemos caracterizar as grandes zonas da bacia norte do Oceano Atlântico?

Atividade 2.14

Com base nos conceitos da Figura 2.39 – plataforma continental, talude continental, margem continental, dorsal meso-oceânica, fossa abissal, planície abissal, montes submarinos – realiza uma pesquisa na Internet de forma a poderes caracterizar cada um.

Um das descobertas mais importantes das explorações oceanográficas foi uma grande cordilheira submarina, com mais de 3000 m de altura e com 2000 a 2400 km de largura, que se estende por dezenas de milhares de quilômetros **dorsais meso-oceânicas** (Figura 2.40).

Uma das características das dorsais meso-oceânicas é a existência de um **rifte axial**, interrompido por zonas de fraturas transversais – falhas transformantes (Figura 2.40).

As dorsais são essencialmente constituídas por rochas de origem vulcânica. As lavas em almofada, encontradas nas zonas de rifte, em tudo idênticas aquelas que se formam nas erupções vulcânicas submarinas, sugerem que os riftes são locais de expansão e, portanto, de formação do fundo oceânico. Aliás, determinações das idades das rochas indicaram que elas variam, também simetricamente, em relação à referida estrutura central.

Os resultados dos valores do **magnetismo** relativos ao campo magnético terrestre possibilitaram a identificação de anomalias magnéticas. Estes novos dados, deveras importantes, permitiram perceber que, ao contrário do que acontece nas rochas continentais, a magnetização das rochas que constituem a crosta oceânica apresenta um padrão em bandas (como uma zebra). Os geólogos britânicos Frederick Vine e Drummond Matthews, com base nestes dados, construíram a hipótese de que o padrão em bandas da magnetização do fundo oceânico está relacionada com inversões do campo magnético da Terra (Figura 2.41).

Recorda, agora, a Atividade 2.13. A determinação das idades dos basaltos encontrados que têm origem no rifte revelaram iguais valores para cada um dos lados da depressão, tornando-se mais antigas à medida que nos afastamos do rifte. Será que podemos relacionar a idade do basalto com o **paleomagnetismo** e as **anomalias magnéticas** para cartografar a idade das rochas do fundo oceânico?

Esta é, realmente, uma nova visão da Terra, que não tinhas. Ou já tinhas escutado algo sobre este assunto?

Dorsal meso-oceânica

O m.q. dorsal submarina, dorsal oceânica e crista média oceânica. Corresponde a grandes cadeias de montanhas submersas no oceano, que se originam pelo afastamento das placas tectónicas.

Rifte axial

Depressão em forma de trincheira, que passa precisamente debaixo da linha média da parte mais elevada da dorsal.

Magnetismo

Capacidade que alguns minerais têm de atrair outros.

Paleomagnetismo

Registo magnético em rochas antigas.

Anomalia magnética

Variação local no campo magnético da Terra, que se exprime sob a forma de faixas paralelas no fundo dos oceanos.

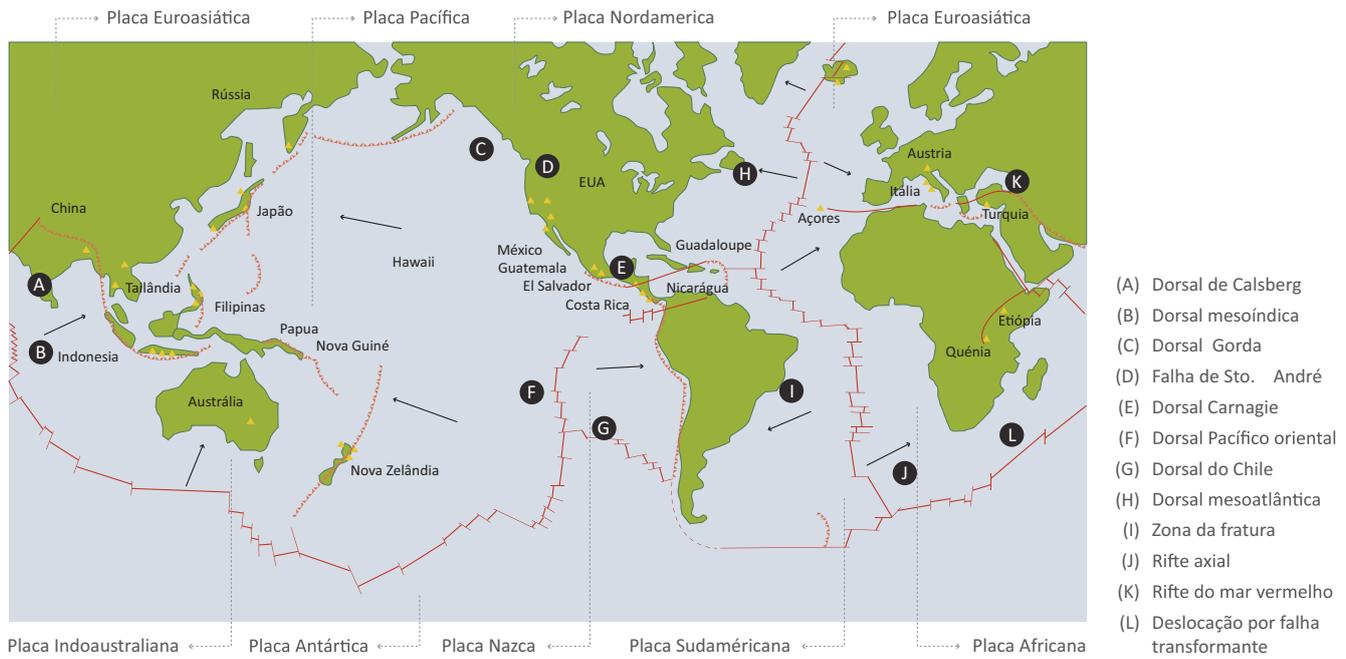


Figura 2.40 Sistema de dorsais meso-ocênicas e zonas de fratura relacionadas.

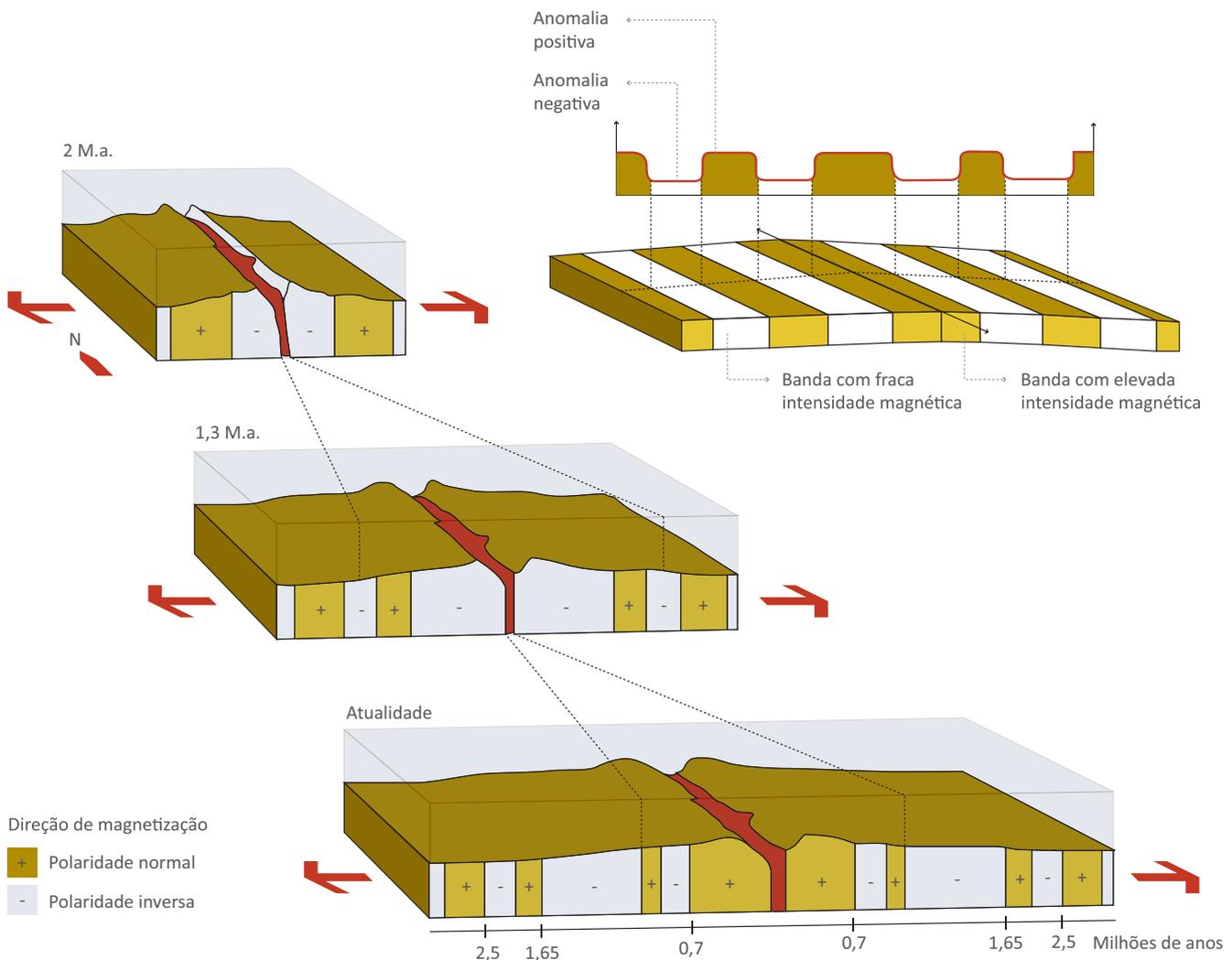


Figura 2.41. Hipótese de que o padrão em bandas da magnetização do fundo oceânico está relacionada com inversões do campo magnético da Terra.

? Quais são, afinal, as consequências da expansão dos fundos oceânicos?

Com todas estas novas informações, **Harry Hess** (Figura 2.42), em 1962, torna pública uma teoria que estabeleceu um novo conceito da Terra. Segundo o geólogo, as cristas meso-oceânicas seriam “escoadouros” para magmas que emanam no manto, gerando-se, nesse local, nova crosta oceânica. O novo fundo alastraria para ambos os lados das cristas oceânicas e voltaria a mergulhar no manto, nas fossas oceânicas. As zonas de formação de crosta oceânica designaram-se de riftes, enquanto as regiões de destruição foram denominadas de **zonas de subducção**. De acordo com esta teoria, a crosta oceânica estaria em contínua renovação (Figura 2.43).

Na continuação dos estudos, os sismólogos registaram que a maioria dos sismos oceânicos ocorria ao longo das cristas meso-oceânicas. Mais tarde, estudarás com pormenor este aspeto, necessitando de recordares a teoria de Hess.

Harry Hess (1906-1969)

Geólogo americano oficial na II Guerra Mundial. Foi professor na Universidade de Princeton (EUA). É considerado um dos fundadores da teoria unificadora da tectónica de placas. A sua teoria ficou conhecida por “expansão do fundo oceânico”.



Figura 2.42. Harry Hess.

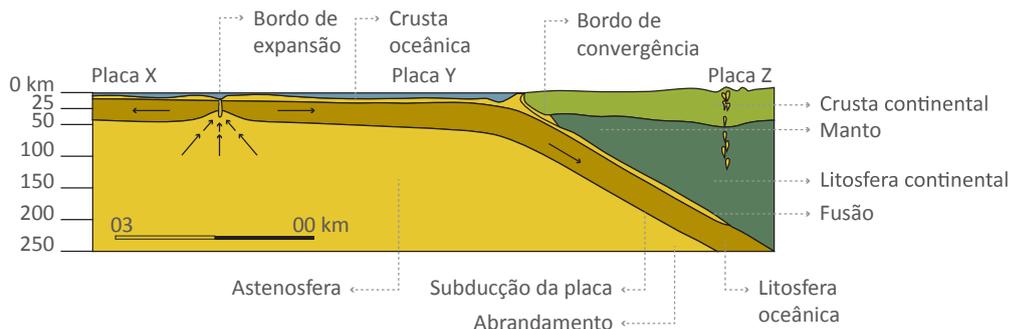


Figura 2.43. Corte esquemático que revela as zonas de rifte e de subducção.

Zonas de subducção

O m.q. que zonas de Benioff-Wadati, em homenagem aos sismólogos Hugo Benioff e Kiyoo Wadati. Corresponde às profundas fossas oceânicas existentes nas bordas de alguns continentes e são formadas pela convergência de placas tectónicas, em que uma delas desliza para baixo da outra.

Problematizar

Que implicação tem esta nova ideia para a idade dos fundos dos oceanos?

Atividade 2.15

Sabendo que a velocidade de expansão dos fundos oceânicos é de poucos centímetros por ano e que bastam cerca de 200 Ma para que um dado basalto, emergente na crista meso-oceânica, se afunde nas fossas oceânicas, responde às questões que se seguem:

1. Explica por que razão nunca se encontram no fundo oceânico rochas de idade superior a 150 Ma.
2. Apresenta uma justificação para os sedimentos do fundo oceânico serem tão pouco espessos.

A partir de então, os geocientistas começaram a trabalhar em torno destas ideias, reunindo novos dados e desenvolvendo a pesquisa com base neste enquadramento concetual. O movimento das placas pode estar na origem da

deriva continental e do alastramento do fundo oceânico. A interação entre placas, para além de provocar sismos, gera também fenómenos de atividade vulcânica (como, por exemplo, os que são observados no arcos de Java e das Filipinas), as fossas e as cristas oceânicas.

Tectónica de Placas

Teoria que descreve e procura explicar os movimentos horizontais e verticais dos fragmentos/placas da litosfera terrestre.

Partindo desta formulação, Dan McKenzie e Robert Parker, em 1967, e J. Morgan, em 1968, descreveram os movimentos em grande escala que ocorrem na litosfera terrestre, suas interações e margens (Figura 2.44) mediante uma teoria conhecida por **Tectónica de Placas**.

Problematizar

Quantas são as placas tectónicas?

Atividade 2.16

1. Observa com cuidado a Figura 2.40.
 - 1.1. Indica o número de placas tectónicas que estão representadas.
 - 1.2. Caracteriza cada placa, relativamente à parte continental e oceânica que envolve, e quanto à origem e direção da deslocação.
2. Observa, agora, a Figura 2.44.
 - 2.1. Distingue, dando exemplos retirados da Figura 2.40, limite convergente de limite divergente.
 - 2.2. Caracteriza os tipos de limites convergentes que existem e relaciona-os com a estrutura interna da Terra estudada na subunidade temática 2.2.
 - 2.3. Indica o nome da placa onde se encontra a ilha de Timor.
3. Refere as implicações geológicas da existência de uma fossa oceânica próximo de Timor.

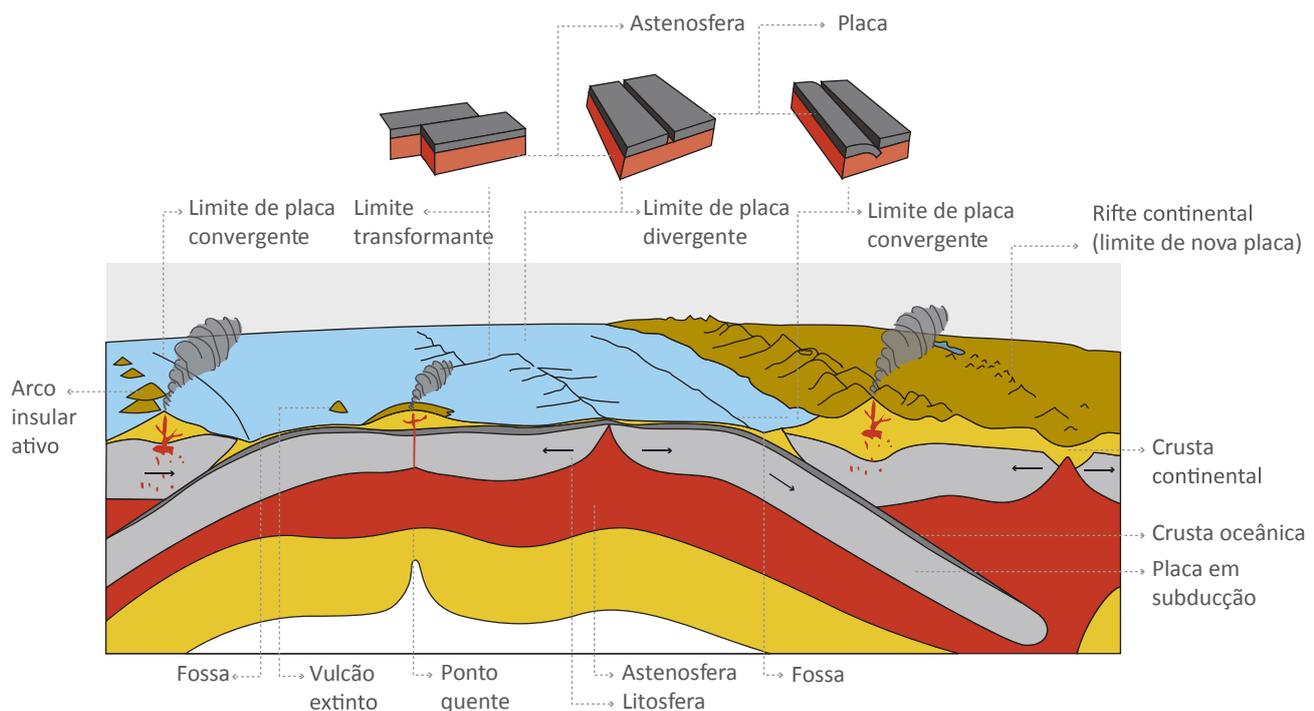


Figura 2.44. Limites das placas tectónicas.

Esta nova teoria veio trazer uma nova visão sobre a Terra, explicando muitos dos fenômenos que eram incompreensíveis até ao momento. E é assim que a ciência se constrói.

A tectónica de placas veio dar um bom contributo para a definição das **teorias orogénicas** que estão na origem da formação das grandes cadeias montanhosas (Figura 2.45).



Figura 2.45. Himalaia (Nepal)

A tectónica de placas é, atualmente, considerada pela generalidade dos geocientistas a teoria fundamental em Geologia. A conceção fixista foi substituída por uma outra mobilista, mas deparamo-nos com inúmeras questões para as quais a ciência ainda não consegue obter resposta. Será a tectónica de placas uma verdadeira **Tectónica do Globo** (e até de outros planetas do Sistema Solar), sendo a chave para a compreensão histórica geológica da Terra e de como será o futuro do planeta em que vivemos?

Síntese

- Alfred Wegener, com base em evidências paleontológicas, paleoclimáticas, morfológicas e geológicas defendeu que os continentes atuais já tinham estado unidos há cerca de 300 milhões de anos, formando um único e gigantesco continente: a Pangea. Formulou a teoria da deriva continental. A Pangea divide-se, a sul, na Gondwana e a norte, na Laurásia.
- Arthur Holmes procurou construir um modelo que explicasse o “motor” da deriva continental e que estivesse de acordo com os princípios da física, através de correntes de convecção no manto.
- A litosfera encontra-se fraturada, em grandes pedaços, gozando cada um de uma certa liberdade de movimentos, designados de placas litosféricas.
- A litosfera é de dois tipos: continental e oceânica.
- Através de estudos oceanográficos, pós-II Guerra Mundial, os geocientistas investigaram a morfologia dos fundos marinhos, revelando as margens continentais, o fundo das bacias oceânicas e a dorsal meso-oceânica (rifte axial).

Teoria orogénica

Teoria explicativa da formação de uma cordilheira montanhosa.

Tectónica Global

Para uns sinónimo de Tectónica de Placas. Para outros é uma teoria mais geral, ainda mal definida, que incluiria a Tectónica de Placas.

- O rifte axial é interrompido por zonas de fraturas transversais, designadas de falhas transformantes.
- Os riftes correspondem a locais de expansão do fundo oceânico.
- O paleomagnetismo permitiu reconhecer que os basaltos dos fundos oceânicos se encontram magnetizados segundo faixas simétricas em relação ao rifte.
- As regiões de destruição da crosta oceânica são designadas de zonas de subducção.
- D. McKenzie, R. Parker e J. Morgan, descreveram, em 1968, os movimentos em grande escala que ocorrem na litosfera terrestre, suas interações e margens mediante uma teoria conhecida por Tectónica de Placas.
- A Tectónica de Placas veio trazer uma nova visão sobre a Terra, explicando muitos dos fenómenos que eram incompreensíveis até ao momento, dando um bom contributo para a definição das teorias orogénicas.
- A Tectónica de Placas é, atualmente, considerada pela generalidade dos geocientistas a teoria fundamental em Geologia, comparável à Teoria da Evolução e à descoberta do código genético, na Biologia, à tabela periódica na Química, ou à mecânica quântica na Física.

Questões em aberto

A Tectónica de Placas é uma teoria, mas contém enigmas. Na placa pacífica, por exemplo, surgem acidentes, ainda incompreensíveis, que requerem explicação. Um deles é uma curiosa curvatura abrupta na orientação das bandas magnéticas no Golfo do Alasca, descoberto em 1966 e 1967, designado de Grande Cotovelo Magnético. Outro enigma, são anomalias magnéticas mesozóicas, porquanto três grupos de bandas se apresentam em direções de conflito.

Um outro aspeto, diz respeito à espessura dos sedimentos no fundo dos oceanos, que aumenta à medida que nos afastamos da dorsal meso-oceânica, mas não de forma constante como seria de supor. Porque razão isto sucederá? E o que acontecerá aos sedimentos oceânicos transportados sobre o fundo oceânico quando este mergulha no manto, nas fossas oceânicas?

Sítios Web úteis

http://ciencias3c.cvg.com.pt/deriva_continental1.htm

<http://education.sdsc.edu/optiputer/flash/convection.htm>

<http://www.gdacs.org/>

<http://www-odp.tamu.edu/glomar.html>

<http://www.spes-sismica.org/>

http://www.structural-geology-portal.com/continental_drift_animation.html

http://www.ucmp.berkeley.edu/education/dynamic/session1/sess1_earthcurrents.html

<http://www.wwnorton.com/college/geo/egeo/animations/ch2.htm>

<http://scienceworld.wolfram.com/biography/photo-credits.html> - Jeffreys

Avaliação

Para avaliares as aprendizagens que desenvolveste nesta subunidade responde no teu caderno às questões que a seguir se colocam.

1. A Figura ao lado representa a posição dos continentes há 200 milhões de anos.

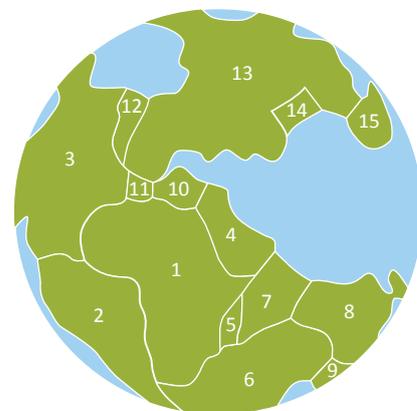
1.1. No teu caderno faz corresponder a cada número um continente ou uma zona continental.

2. Em 1912, Wegener apresentou uma teoria que iria mais tarde revolucionar a visão que se tinha sobre a Terra.

2.1. Indica o nome da teoria.

2.2. Descreve a teoria.

2.3. Explica os dados em que se baseou Wegener para construir a teoria.



3. Transcreve para o teu caderno as afirmações falsas, transformando-as em verdadeiras.

3.1. O supercontinente que existia há 250 Ma denominava-se Pantalassa.

3.2. Alfred Wegener foi o cientista que explicou o “motor” da deriva continental.

3.3. A Pangea dividiu-se em dois subcontinentes: a Laurásia e a Gondwânia.

3.4. Os contornos da costa sul-americana e da costa ocidental africana permitem o seu encaixe, como peças de um puzzle.

3.5. A bacia do oceano atlântico começou a formar-se inicialmente no hemisfério norte.

3.6. Os continentes afastaram-se progressivamente ao longo dos tempos.

3.7. As dorsais são formadas por dois alinhamentos montanhosos com uma fratura central – o rifte axial – pelo qual ascendem materiais vindos do interior da Terra.

3.8. O calor medido no fundo dos oceanos diminui bastante nas regiões dorsais.

3.9. As zonas de maior atividade sísmica e vulcânica não coincidem com os rebordos das placas tectónicas.

3.10. A maior quantidade de sismos oceânicos ocorre nas falhas transformantes.

3.11. Ao nível das zonas de subducção, ocorrem frequentes sismos, mas não se manifesta atividade vulcânica.

4. Observa atentamente o mapa da figura da página seguinte.

4.1. Indica o nome de cada uma das zonas em que a litosfera se encontra dividida.

4.2. Refere o nome das placas onde se situa: Timor-Leste, Austrália e Portugal.

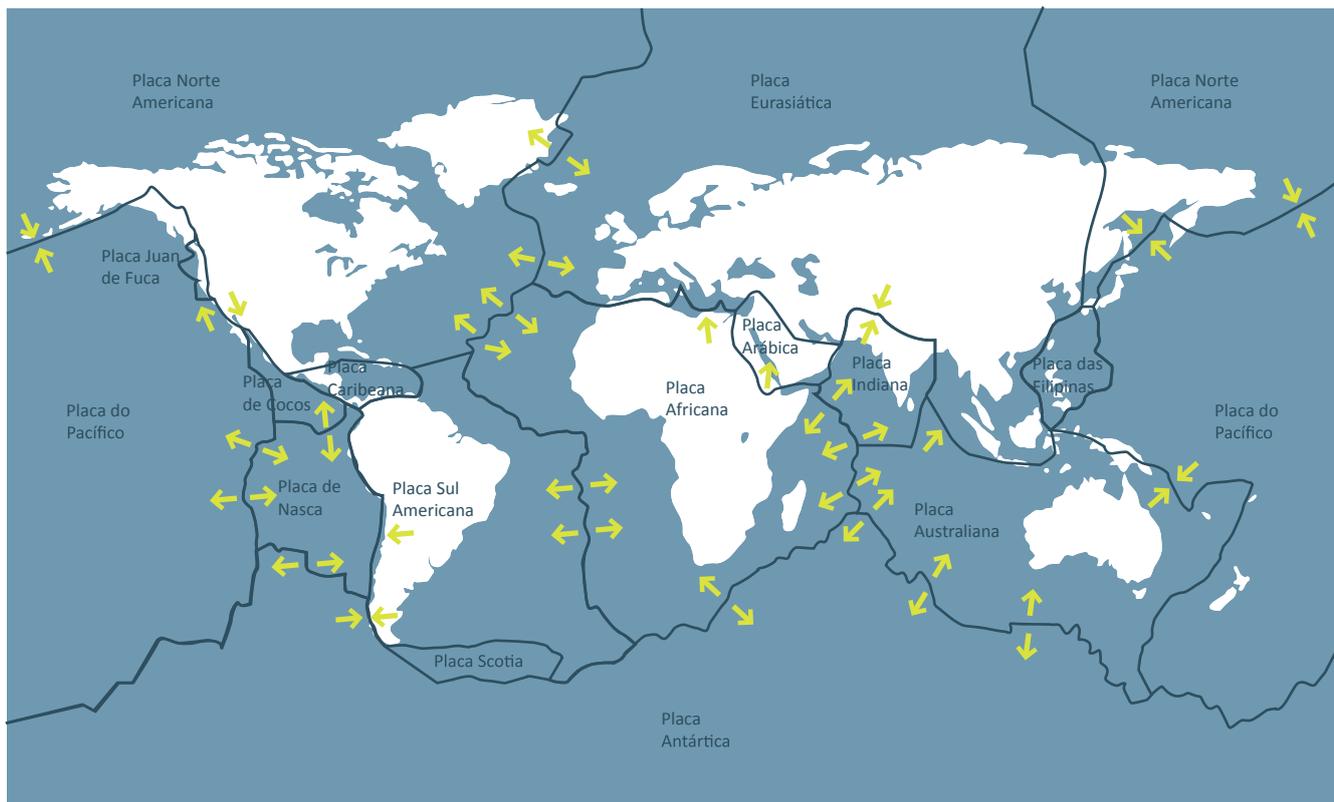
4.3. Dá exemplos de placas constituídas por crosta oceânica, por crosta continental e exemplos de placas constituídas por ambos os tipos de crosta.

5. Daqui a 150 Ma, a Terra terá um aspeto muito diferente do atual.

5.1. Tendo por base a 3.ª ponto do “Aprofundando...”, descreve as principais mudanças.

5.2. A que se deve essa mudança?

5.3. Como se designa a teoria global que explica essas mudanças?



Aprofundamento

1. O *Deep Sea Drilling Project (DSDP)* é um projeto iniciado nos Estados Unidos da América, em 1966. O seu objetivo é obter informação direta sobre a estrutura e a história do fundo oceânico através da perfuração até ao soco rochoso e da recolha de amostras de todos os sedimentos que cobrem o fundo oceânico. Para tal empreendimento, foi construído um navio especial: o *Glomar Challenger*.

Para aprofundares mais este tema, visita o sítio Web <http://www.deepseadrilling.org/index.html>.

- 1.1. Cada membro do teu grupo deve pesquisar aspetos distintos do *DSDP* e construir uma apresentação *PPoint* com 5 diapositivos.
 - 1.2. Reúne, depois, toda a informação, e junta todos os diapositivos. Usa reduzido texto: investe nas imagens, tabelas e gráficos. Estuda o assunto.
 - 1.3. Elege um relator do grupo e apresenta o trabalho completo à turma.
2. Em 14 de fevereiro de 2008, às 12:00:10 UTM, ocorreu um sismo de magnitude 6,2, atingindo muita da população de Timor-Leste.

Para aprofundares mais este tema, visita o sítio Web

<http://www.gdacs.org/reports.asp?eventType=EQ&ID=45537&system=asgard&location=TMP&alertlevel=Green>

- 2.1. Cada membro do teu grupo deve pesquisar aspetos distintos do sismo (efeitos, epicentro, relação da localização com a Tectónica de Placas, arco insular, etc) e construir uma apresentação *PPoint* com 5 diapositivos.
- 2.2. Reúne, depois, toda a informação, e junta todos os diapositivos. Usa reduzido texto: investe nas imagens, tabelas e gráficos. Estuda o assunto.

-
- 2.3. Elege um relator do grupo e apresenta o trabalho completo à turma.
 3. “O volume da Terra mantém-se constante, pese embora a abertura de oceanos e a formação de cadeias montanhosas”.
 - 3.1. Em grupo, elabora um plano de trabalho de pesquisa, que permita identificar as velocidades de subducção e de acreção das distintas placas da Terra e anota esses valores no caderno.
 - 3.2. Avalia a veracidade da afirmação anterior, com base na análise dos valores encontrados para a deslocação das placas.
 - 3.3. No que diz respeito a Timor-Leste, consideras que a ilha está fixa ou se move também sobre a astenosfera? Justifica a tua resposta com evidências.

Com o estudo da temática **Rochas e Minerais: os tijolos da Terra**, vais ficar a conhecer melhor os diferentes tipos de rochas (magmáticas, sedimentares e metamórficas) e os principais minerais que as constituem, nomeadamente, os das rochas que existem no território timorense. Vais, também, compreender os processos envolvidos na formação dos diferentes tipos de rochas, bem como a relação que existe entre as condições em que se formaram e a estrutura e composição mineralógica que apresentam. O conhecimento que fores construindo sobre os diferentes tipos de rochas e os processos envolvidos na sua formação ajudar-te-ão a compreender de que modo estas se relacionam entre si, a integrar as rochas estudadas no ciclo das rochas e a localizá-las no território timorense.

Para facilitar a tua aprendizagem a Unidade Temática está dividido em dois subtemas:

- Minerais: o mundo da ordem;
- O ciclo das rochas: por onde começar?

Este último subtema está por sua vez dividido em: magmatismo e rochas magmáticas; sedimentação e rochas sedimentares e metamorfismo e rochas metamórficas.



3. Rochas e Minerais: os tijolos da Terra

3.1. Minerais: o mundo da ordem

3.2. O ciclo das rochas: por onde começar?

3.2.1. Magmatismo e rochas magmáticas

3.2.2. Sedimentação e rochas sedimentares

3.2.3. Metamorfismo e rochas metamórficas

Unidade Temática 3 | Rochas e Minerais: os tijolos da Terra

3.1. Minerais – o mundo da ordem

O estudo dos Minerais – o mundo da ordem vai ajudar-te a distinguir uma rocha de um mineral, bem como a identificar diferentes minerais, tendo em conta algumas das suas propriedades. Ficarás, também, a conhecer os minerais mais e menos abundantes e a sua distribuição, nomeadamente, no território timorense.



- O que distingue uma rocha de um mineral?
- Quais são os elementos mais abundantes na Terra?
- E quais são os menos abundantes?
- Como se reflete a abundância dos diferentes elementos na composição mineralógica das rochas? E na composição mineralógica dos minérios?

Ao longo deste Subtema vais encontrar resposta para estas e outras questões. O trabalho que desenvolveres vai ajudar-te a construir conhecimentos e a adquirir competências visando alcançar metas de aprendizagem definidas no programa da disciplina.



Conceitos-chave

- Clivagem
- Cristal
- Densidade
- Elemento-traço
- Estrutura cristalina
- Macroelemento
- Magnetismo
- Mineral
- Oligoelemento
- Rocha



Metas de aprendizagem

- Distingue uma rocha de um mineral, dando exemplos de cada um deles.
- Identifica, em amostra de mão, os minerais mais comuns nas rochas, tendo em conta as suas propriedades (composição, clivagem, brilho, cor, dureza, risca...).
- Relaciona a abundância dos elementos na crosta terrestre com a composição mineralógica das rochas.



Como podemos distinguir um mineral de uma rocha?

Elementos e Minerais

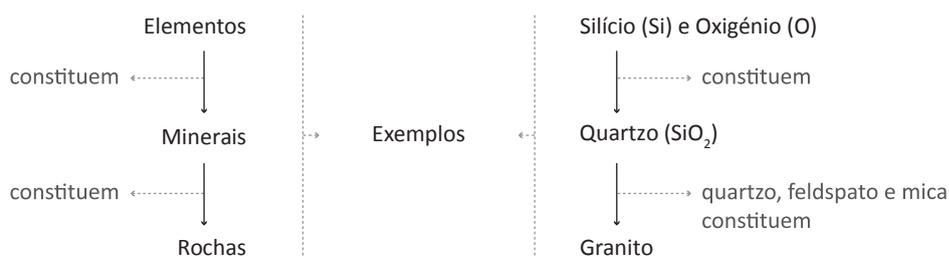
Muita gente confunde minerais com rochas. Mas são coisas diferentes, sobretudo para os geólogos. No grande livro da história da Terra, os minerais são as letras, as rochas são as palavras.

Tanto os geólogos como os químicos estudam os minerais, mas a linguagem é diferente.

Os químicos falam de elementos (como o chumbo ou o enxofre) e de compostos (como o sulfureto de chumbo). Os compostos são formados por dois ou mais elementos unidos por forças chamadas ligações químicas.

Os geólogos falam muitas vezes de elementos, ou de átomos, mas poucas vezes de compostos. Preferem falar de minerais. Um **mineral** não é mais do que um elemento ou um composto, mas com uma condição: deve ser formado naturalmente na Terra e não no laboratório químico. Por exemplo, o composto a que os químicos chamam sulfureto de chumbo é pelos geólogos chamado galena (Figura 3.1). Cada mineral tem a sua fórmula química: a da galena é PbS.

Para os geólogos, as **rochas** são como associações naturais de minerais, existem, não se fabricam. Às vezes são formadas por um só mineral (por exemplo, o quartzito é formado por quartzo). Na maioria das vezes, são formadas por vários minerais (por exemplo, o granito é formado por quartzo, feldspatos e micas), como a seguir se indica.



Vamos então recordar que:

- Os químicos identificaram mais de uma centena de elementos;
- Os geólogos costumam dividi-los em dois grupos consoante a sua abundância na crosta terrestre.

Assim, os elementos maiores (**macroelementos**) existem em quantidades superiores a 1%. Os elementos menores existem em quantidades inferiores a 1%. Há quem separe ainda, no interior dos elementos menores, os **oligoelementos** (entre 1% e 0,1%) dos elementos-traço (menos de 0,1%).

Na Figura 3.2 é indicada a abundância relativa de conjuntos de elementos maiores existentes na Terra.

Mineral

Corpo sólido, natural, com composição química definida ou variável dentro de certos limites, inorgânico e com textura cristalina característica.



Figura 3.1. Galena

Rocha

Associação natural de minerais.

Macroelementos

Elementos cuja abundância na crosta terrestre é superior a 1% (ou 0,1% para alguns autores).

Oligoelementos

Elementos cuja abundância na crosta terrestre varia entre 1% e 0,1%.

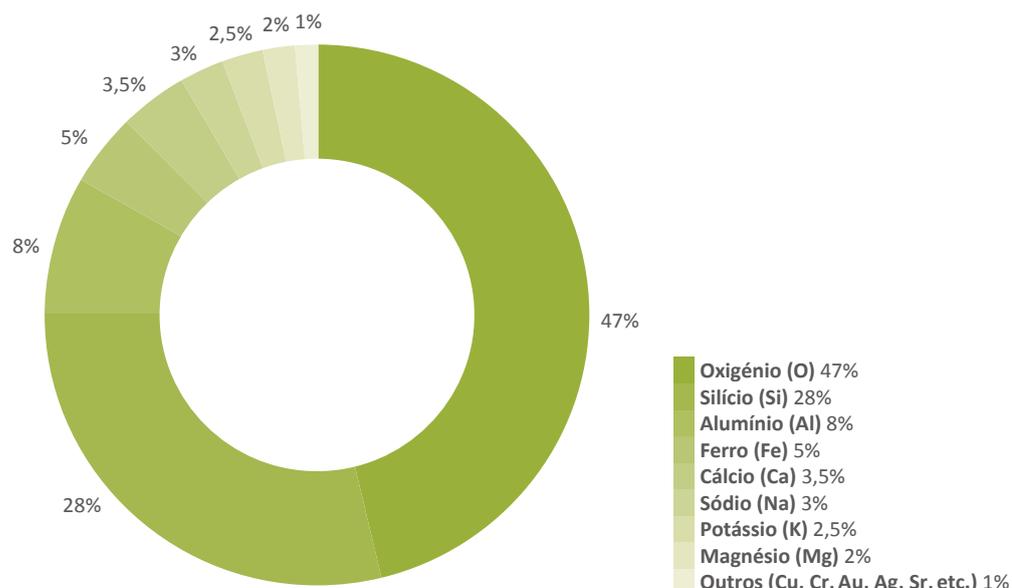


Figura 3.2. Abundância dos elementos na crosta terrestre.

Resultados da associação de elementos mais comuns, a qual não sucede ao acaso, mas de acordo com determinadas regras que aprenderás na disciplina de Química, originam diversos minerais. A Tabela 3.1 mostra alguns exemplos.

Tabela 3.1 Minerais mais comuns nas rochas.

Mineral	Caraterísticas
Quartzo	Silicato puro, frequentemente designado por sílica
Ortoclase Plagioclase	Silicatos muito comuns contendo alumínio, sódio, potássio e cálcio
Biotite Moscovite Minerais de argila	Silicatos complexos, dispostos em lâminas
Horneblenda	Silicato complexo com aspeto frequentemente fibroso
Augite	Silicato rico em magnésio, ferro e cálcio
Calcite	Carbonato de cálcio, bastante comum

A concentração de determinados elementos químicos pode ter importantes implicações económicas, relevando os interesses do estudo da Geologia. Os minerais economicamente relevantes recebem a designação de minérios. A Tabela 3.2 indica alguns dos mais comuns.

Os elementos maiores e os minerais das rochas

Os elementos maiores são apenas oito (Figura 3.2), mas constituem 99%, em peso, da crosta terrestre. Quem diria, não é verdade? Mas também quem diria que o oxigénio é o elemento mais abundante, em volume e em peso, na crosta terrestre?

Mais de 90% desta são minerais formados com base do elemento silício: os silicatos. Por outras palavras, aqueles oito elementos estão presentes na crosta em quantidades suficientes para formarem extensas massas rochosas: são os elementos caraterísticos das rochas comuns.

Tabela 3.2. Minerais comuns dos minérios.

Mineral	Fórmula Química	Elemento extraído e utilidade
Hematite	Fe_2O_3	Ferro: mercadorias de ferro e aço (máquinas, veículos, ferramentas, vigas, ...)
Magnetite	Fe_3O_4	
Pirite	FeS_2	
Calcopirite	CuFeS_2	
Malaquite	$\text{CuCO}_3\text{Cu(OH)}_2$	Enxofre (produtos químicos): o enxofre não tem valor económico
Galena	PbS	Cobre: tubos, cabos eléctricos, ligas, etc. Também produtos de cobre usados em tintas.
Esfalerite	ZnS	
Cassiterite	SnO_2	
Fluorite	CaF_2	Chumbo: baterias, ligas e produtos químicos
Barite	BaSO_4	Zinco: ligas, produtos químicos e galvanização
Halite	NaCl	Estanho: ligas, produtos químicos e vasilhas metálicas
Gesso	$\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Bário: produtos químicos
		Sódio: indústria alimentar, sal para as estradas
		Cloreto: produtos químicos
		Usado em rebocos e estuques

Problematizar

Como se reflete a abundância dos elementos da crosta terrestre na composição mineralógica das rochas? E no valor económico de alguns minerais?

Atividade 3.1

Tendo como referência a Figura 3.2 e a Tabela 3.1, realiza, em grupo, as tarefas que se seguem.

1. Indica os elementos mais e menos abundantes na crosta terrestre.
2. Refere os minerais que contêm simultaneamente os dois elementos mais abundantes.
3. Discute a importância económica de alguns minerais, tendo em conta a abundância dos elementos que os constituem.
4. Partilha, com os colegas de turma e o professor, as ideias-chave que resultaram do trabalho de grupo.

Os elementos menores e os minerais dos minérios

Embora muito mais raros, os elementos menores têm a particularidade de entrar na constituição de minerais valiosos: os minérios (que estudarás no 12º ano). São exemplos, entre tantos outros, o cobre (Cu: 0,007%), o urânio (U: 0,0004%) e o ouro (Au: 0,0000005%).

Contrariamente aos elementos maiores, os elementos menores estão presentes na crosta em pequenas e raras concentrações de minérios: daí o seu valor económico.

Os minerais por dentro: a estrutura cristalina

Os minerais possuem, com raríssimas exceções, uma característica notável: são edifícios de átomos (ou elementos) perfeitamente alinhados, como soldados na parada ou atletas no ginásio.

Estrutura cristalina

O m.q. rede cristalina. É a designação dada à forma como estão espacialmente ordenados os átomos ou moléculas que constituem um mineral.

Os geólogos chamam a estes alinhamentos **estrutura cristalina** e distribuem-nos por seis ou sete tipos principais: os sistemas cristalográficos (Figura 3.3). Quando um mineral se forma (“nasce” e “cresce”), os seus átomos (ou elementos) vão ocupar os seus lugares na rede cristalina própria do mineral: a isto se chama cristalização. Assim, por exemplo, a galena cristaliza no sistema cúbico, enquanto o quartzo cristaliza no sistema hexagonal.

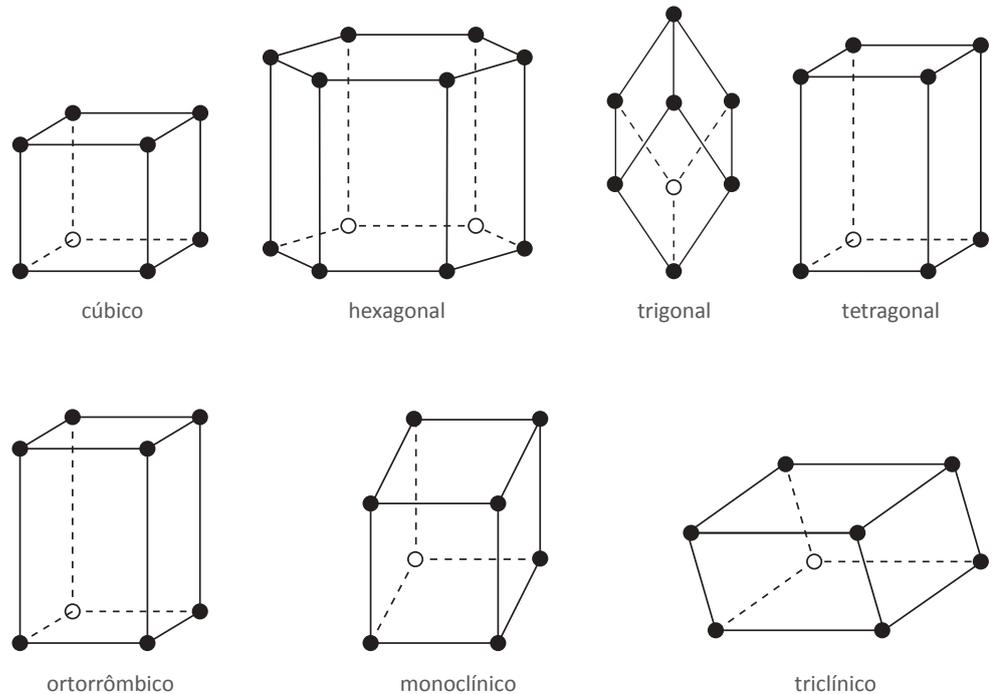


Figura 3.3. Sistemas cristalográficos.

Cristal

Porção de matéria mineral cujos átomos, iões ou moléculas estão organizados respetivamente nas diferentes direções do espaço e em que a ordem interna se reflete na forma externa do mineral.

Nem sempre esta ordem interna se reflete na forma externa dos minerais. Mas sempre que isso acontece estamos em presença de um **crystal**. Muitas vezes falamos indistintamente de minerais e de cristais, como se fossem termos sinónimos. Não é grave. Mas fixemos desde já que, se todos os cristais são minerais, nem todos os minerais são cristais.

A forma como os geólogos têm representado a estrutura interna dos minerais vem evoluindo ao longo do tempo. Por exemplo, a representação da halite (cloreto de sódio) no séc. XX não é a mesma da do séc. XIX (Figura 3.4).

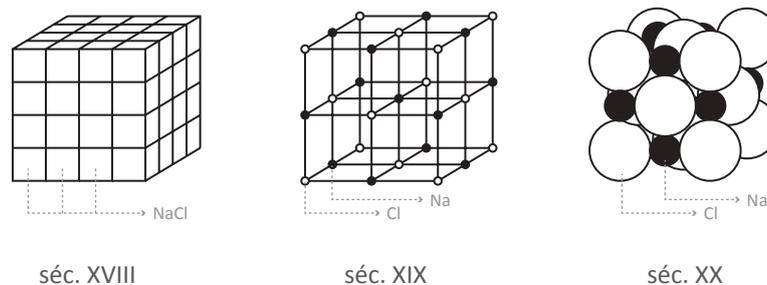


Figura 3.4. Evolução da representação esquemática de um cristal de halite, desde o séc. XVIII ao séc. XX.

Reconhecimento e classificação dos minerais

Os mineralogistas identificaram já alguns milhares de minerais existentes na crosta. Mas, felizmente para nós, só algumas dezenas são frequentes. Mesmo assim, como podemos reconhecê-los e identificá-los? Há pelo menos duas maneiras de o fazer:

A primeira é pela prática! Não é pela prática que reconhecemos facilmente dezenas de amigos, familiares, jogadores de futebol, gatos ou cães? Podemos fazê-lo, de preferência com a ajuda do Professor, consultando um livro com fotografias a cores dos minerais e comparando com os nossos exemplares.

A segunda é verificando, à vista desarmada, algumas propriedades dos minerais (a forma, a cor, a risca, o brilho, a dureza, a densidade, a clivagem, a reação aos ácidos, o magnetismo ou o sabor) e consultando as chamadas Tabelas de Identificação. O papel do Professor é aqui ainda mais importante, sobretudo quando não temos prática suficiente.

- A forma pode ser útil, sobretudo quando reflete a estrutura interna. Por exemplo, cubos de galena ou de **halite** (Figura 3.5).
- A cor nem sempre ajuda, pois há muitos minerais com cores variadas. Por exemplo, a **fluorite** (Figura 3.6) pode ser incolor, verde, amarela, púrpura ou azul.
- A risca é a cor do pó do mineral. Podemos apreciá-la riscando o mineral numa placa não esmaltada. É útil nos minérios metálicos. Por exemplo, a hematite, com mais que uma cor externa, tem risca vermelha escura.
- O brilho é o modo como reflete a luz. Pode ser metálico como na galena, vítreo como no quartzo, baço como na malaquite. Já agora, apreciemos o modo como os minerais se deixam atravessar pela luz: podem ser transparentes, translúcidos ou opacos.
- A dureza é a maior ou menor facilidade com que o mineral se deixa riscar. Podemos utilizar as unhas ou um canivete. Ou então a chamada escala de Mohs (Figura 3.7), um conjunto de 10 minerais-padrão, desde o mais macio (1– talco) até ao mais duro (10 – diamante).



Figura 3.5. Halite



Figura 3.6. Fluorite

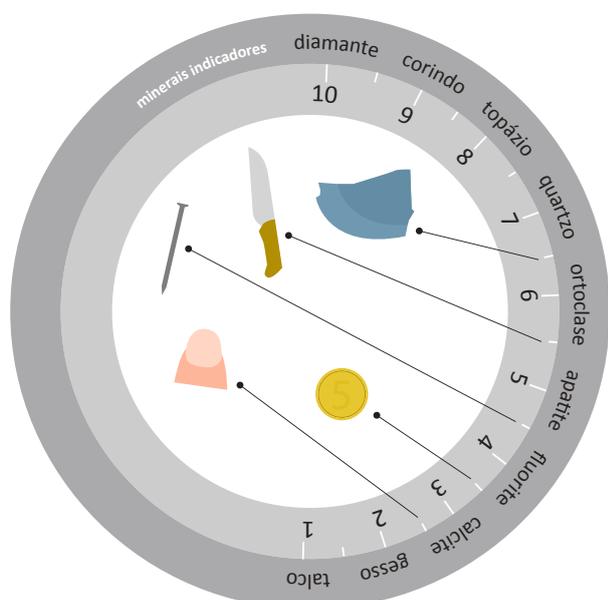
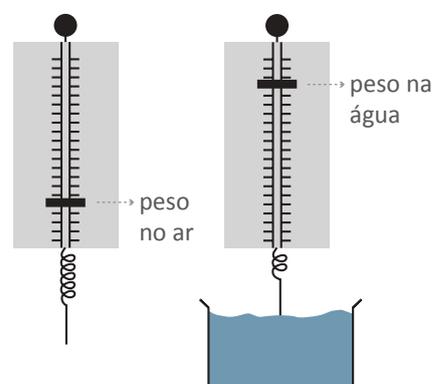


Figura 3.7. Escala de Mohs



$$\text{Densidade} = \frac{\text{Peso no ar}}{\text{Peso no ar} - \text{Peso na água}}$$

Figura 3.8. Balança de Jolly.

- A densidade é a massa por unidade de volume: $d = m/v$. Como o volume dos minerais pode ser difícil de medir, é mais prático avaliar (com uma mola graduada; Figura 3.8) o peso de um mineral no ar e na água e usar a fórmula $d = \text{peso no ar} / (\text{peso no ar} - \text{peso na água})$.
- Clivagem e fratura – O termo clivagem designa planos de fraqueza por onde o mineral tende a partir. A clivagem origina formas geométricas que refletem a ordem interna, umas vezes diretamente (ex.: galena), outras vezes indiretamente (ex.: fluorite). Os minerais sem clivagem fraturam, por vezes de forma característica (ex.: fratura concoide no quartzo).
- Reação aos ácidos – Uma gota de ácido clorídrico diluído basta para provocar efervescência na calcite ou um cheiro a ovos podres na galena.
- O magnetismo é uma propriedade que certos minerais têm de atrair outros, é útil para identificar a magnetite.
- Sabor – O sabor a salgado da halite é útil na sua identificação. Mas não é conveniente “saborear” muitos minerais, sobretudo os metálicos.

Problematizar

Como podemos identificar os minerais que temos no laboratório?

Atividade 3.2

Com o material que o teu professor colocou na mesa de trabalho (placa de cerâmica despolida, canivete), caracteriza, em grupo, as amostras de minerais fornecidas (feldspato, quartzo, gesso, hematite, calcite e talco), atendendo a algumas das suas propriedades (cor, risca, brilho, dureza, reação ao ácido). Para isso realiza as tarefas que se seguem:

1. Observa e regista a cor dos diferentes minerais.
2. Fricciona cada uma das amostras numa placa de porcelana.
 - 2.1. Regista a cor do pó do traço (risca) que ficou sobre a porcelana.
 - 2.2. Compara a cor do mineral com a cor do seu pó.
3. Adiciona uma gota de um ácido (ex.: sumo de limão) sobre cada uma das amostras.
 - 3.1. Regista o que observares.
 - 3.2. Discute com os teus colegas os resultados obtidos.
4. Realiza os ensaios necessários para identificares os minerais:
 - 4.1. Menos duros que a unha;
 - 4.2. Riscados pelo canivete;
 - 4.3. Mais duros que a placa de cerâmica;
 - 4.4. O mineral mais duro;
 - 4.5. O mineral menos duro.
5. Elabora uma tabela para sistematizar os resultados obtidos.
6. Partilha e discute com os colegas de turma e o professor, os resultados a que o teu grupo chegou.



Síntese

- Os minerais e as rochas existem naturalmente na natureza, não são produzidas pelo Homem.
- As rochas são constituídas por minerais (normalmente mais do que um).
- As propriedades macroscópicas mais usadas na identificação de minerais são a clivagem, a fratura, a dureza, a cor, a risca ou traço, o brilho e a densidade.
- A dimensão das partículas (átomos, iões ou moléculas) e a sua natureza química determinam o seu arranjo na estrutura cristalina, bem como o tipo de ligações que se estabelecem entre elas, condicionando assim muitas das propriedades dos minerais.

Sítios Web úteis

<http://e-geo.ineti.pt/bds/geobases/mineralogia/pesquisas.aspx>

<http://geology.about.com/library/bl/images/blmineralindex.htm>

<http://geology.com/minerals/>

<http://www.soes.soton.ac.uk/resources/collection/minerals/index.html>

Questões em aberto

Apesar do desenvolvimento tecnológico, permanecem situações de conflito entre os ensinamentos que derivam de disciplinas como a termodinâmica ou a química-física e, depois, a realidade física dos minerais na natureza. Houve já quem dissesse, por exemplo, que a dolomite (carbonato de cálcio e magnésio) não deveria existir, tendo em conta as condições termodinâmicas da respetiva formação. Mas existe!

Avaliação

Para avaliares os saberes construídos em Minerais: o mundo da ordem, realiza as atividades que se seguem e regista as respostas no caderno.

1. Distingue uma rocha de um mineral, exemplificando cada um deles.
2. Transcreve a afirmação correta:
 - (A) Os cristais são corpos que apresentam sempre forma poliédrica.
 - (B) Os cristais são corpos com estrutura interna ordenada.
 - (C) Os cristais são corpos formados exclusivamente por iões.
 - (D) Os cristais são corpos com textura observável à vista desarmada.
3. “Todos os cristais são minerais, mas nem todos os minerais são cristais”. Fundamenta a afirmação.
4. Explica, de forma sucinta, como deverias proceder para determinar a dureza relativa de um mineral, recorrendo à escala de Mohs.

3.2. O ciclo das rochas: por onde começar?

A observação do meio ambiente que habitas permite que te confrontes com rochas de diversos tipos e com diferentes características. O estudo do ciclo das rochas vai ajudar-te a compreender melhor as interligações que existem entre elas, bem como os processos envolvidos na sua transformação.



Como é que os diferentes tipos de rochas se relacionam entre si?

Que lugar ocupam no ciclo das rochas, as que existem em Timor-Leste?

A resposta a estas questões só a vais encontrar depois de estudares os diferentes tipos de rochas (magmáticas, sedimentares e metamórficas) e os processos envolvidos na sua formação. O trabalho que desenvolveres, ao longo de toda a unidade temática, vai ajudar-te a construir conhecimentos que te permitam compreender o ciclo das rochas e a adquirir competências que te possibilitem alcançar metas de aprendizagem definidas no programa da disciplina.



Conceitos-chave

- Ciclo das rochas
- Meteorização
- Rocha magmática
- Rocha sedimentar
- Rocha metamórfica



Metas de aprendizagem

- Identifica, no ciclo das rochas, os principais tipos, bem como os processos envolvidos.
- Descreve, oralmente ou por escrito, o ciclo das rochas, evidenciando as interligações existentes entre os diversos tipos de rochas.

À primeira vista, as rochas parecem “entidades mortas”. Mas serão mesmo? Os geólogos dizem que não. E com argumentos que, mesmo sem pormenorizar muito – impossível no 10º ano de escolaridade – iremos conhecer mais adiante. O ciclo das rochas, representado na Figura 3.9, é um conceito chave quando estudamos o mundo mineral.

Contemplemos as montanhas!

Meteorização

Conjunto de processos *in situ*, desencadeados por agentes externos que conduzem à desagregação física e à alteração química das rochas e dos minerais que as constituem.

Na estação das chuvas, a água vai-se infiltrando e, assim, fragilizando os terrenos. Os minerais vão-se, a pouco e pouco, modificando. Uns, como o quartzo, resistem à chuva, ao vento e ao gelo. Outros, como os feldspatos, vão-se decompondo e formando minerais argilosos. Outros ainda, como a calcite reagem, entrando mais facilmente em solução. É a chamada **meteorização**. Por vezes é o próprio material rochoso que desaba, em bloco.

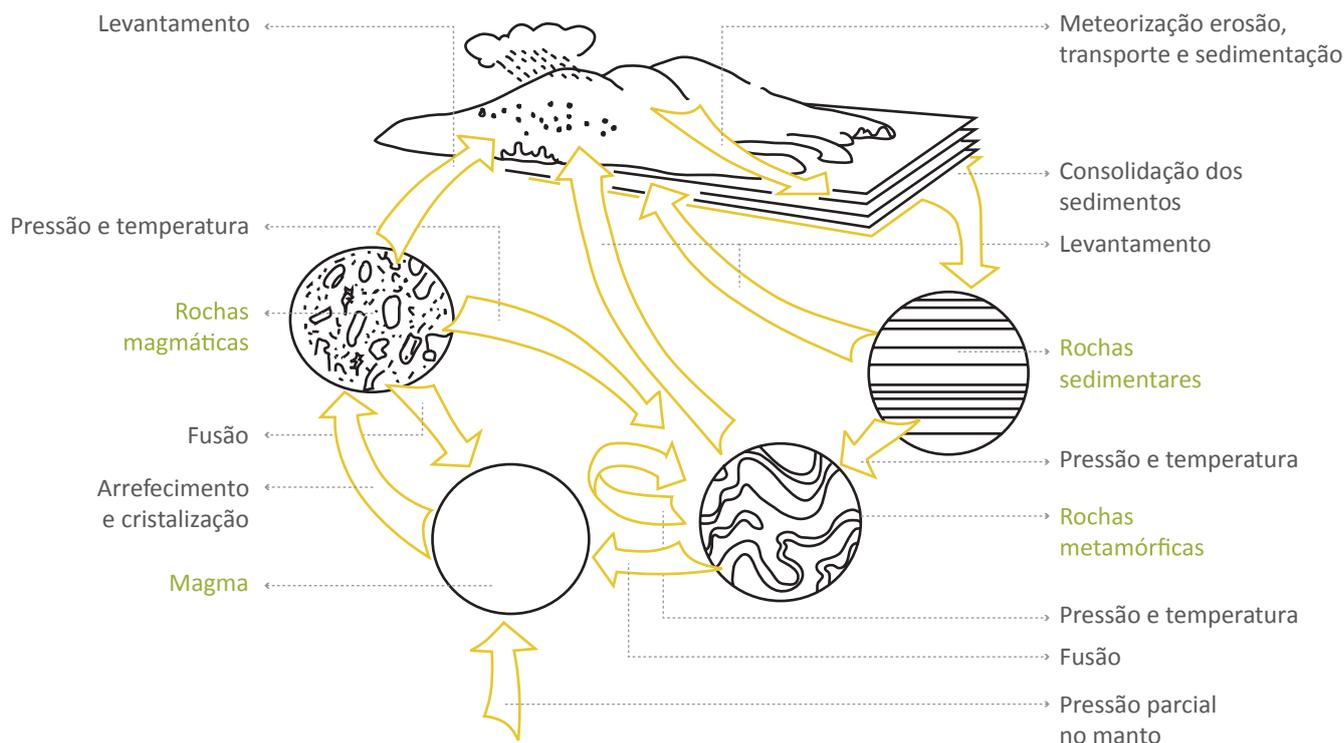


Figura 3.9. Representação esquemática do ciclo das rochas.

Uma boa parte do que resulta de todas estas modificações é transportado pelos rios e ribeiras na direção do mar, depositando-se, entretanto, sob a forma de sedimentos. Por compactação, originam-se as **rochas sedimentares**.

Quando esta é prolongada e os materiais atingem quilómetros de profundidade, a temperatura aumenta e vai como que “cosendo” as rochas sedimentares, podendo transformar-se em **rochas metamórficas**.

Se as rochas atingirem profundidades superiores a 10-12 km, a temperatura pode mesmo provocar a sua fusão parcial e conduzir à formação de **rochas magmáticas**. Tudo isto se passa no interior da crosta continental; mas veremos que muitas rochas magmáticas resultam também da fusão parcial de materiais provenientes do manto.

Todas estas rochas, se ascenderem à superfície, em grande parte por erosão das rochas que lhes ficam por cima, vão sofrer de novo a ação da chuva, do vento e do gelo. E o ciclo continua, provocando permanentes transformações.

Contemplemos as nossas cidades!

Aqui podemos encontrar diversas formas de utilização das rochas que afinal contribuem para o nosso bem-estar e para a beleza de muitas das paisagens urbanas.

Na disciplina de Geologia, vais agora começar a estudar a constituição, a formação e a relação entre os diferentes tipos de rochas, ficando a sua utilidade para mais tarde. Por onde começar? Pela superfície? Pela profundidade? É indiferente!

Vamos começar pelo que julgamos passar-se em profundidade, sempre com reflexo à superfície!

Rocha sedimentar

Rocha que resulta da deposição, e posterior soterramento, de materiais provenientes da erosão de rochas mais antigas expostas à superfície da Terra.

Rocha metamórfica

Rocha que resulta de transformações físicas e químicas sofridas por outras rochas, no interior da Terra, sem que ocorra fusão do material.

Rocha magmática

O m.q. rocha ígnea. Rocha que resulta da consolidação de material fundido de composição essencialmente silicatada.

Ciclo das rochas

Conjunto de processos geológicos que transformam os três grandes tipos de rochas uns nos outros.

3.2.1. Magmatismo e rochas magmáticas

Nesta secção vais estudar diferentes formas e tipos de vulcões e compreender os principais fatores que condicionam a atividade vulcânica. Aprenderás a distinguir rochas vulcânicas de rochas plutónicas e a relacionar as suas características com as condições em que se formaram. Os minerais que as constituem e a textura que apresentam são algumas das características que te vão ajudar na sua identificação. A integração das rochas magmáticas no ciclo das rochas e a sua contextualização na Tectónica de Placas ajudar-te-ão a construir uma visão integradora dos saberes estudados.



Em que medida as condições em que as rochas magmáticas se formam condicionam a textura que apresentam?

Até que ponto a composição do magma condiciona a composição da rocha?

Que relação existe entre magmatismo e Tectónica de Placas?



Conceitos-chave

- Batólito
- Cristalização fracionada
- Erupções do tipo havaiano, estromboliano, pliniano e surtseyano
- Filão
- Lava
- Magma
- Piroclastos (cinzas, lapilli e bombas)
- Mineral máfico
- Mineral félsico
- Rocha plutónica
- Rocha vulcânica
- Textura fanerítica, afanítica e vítrea
- Vulcão



Metas de aprendizagem

- Identifica, em esquema, os diferentes constituintes de um sistema vulcânico.
- Relaciona a natureza das lavas com o tipo de atividade vulcânica e as formas vulcânicas que origina.
- Distingue uma rocha magmática dos outros tipos de rochas, tendo em conta características macroscópicas.
- Revela atitude científica na planificação e discussão de atividades laboratoriais, simulando erupções vulcânicas e reconhecendo as suas limitações.
- Classifica as rochas magmáticas com base nos ambientes de consolidação do magma.
- Relaciona as rochas magmáticas com os magmas que lhes deram origem e distingue-as, tendo em conta a textura e composição mineralógica.
- Localiza e identifica rochas magmáticas no contexto timorense, tendo em conta a textura e composição mineralógica.
- Interpreta esquemas simplificados representativos das séries de Bowen, reconhecendo a importância da cristalização fracionada na formação das rochas.
- Integra as rochas magmáticas no ciclo das rochas.
- Relaciona erupções vulcânicas de tipo explosivo com zonas de convergência de placas e de tipo não explosivo com zonas de rifte.
- Relaciona magmas andesíticos com zonas de subducção.



Por que existem diferentes rochas magmáticas?

Uma rocha ígnea ou magmática é uma rocha formada quando um **magma** arrefece e solidifica. Magma é sinónimo de uma massa fundida com composições, química e mineralógica, nem sempre bem conhecidas. Magmatismo é o conjunto dos fenómenos ligados à geração e solidificação dos magmas, o que ocorre através de várias transformações físicas e químicas no decurso da deslocação magmática.

O termo ígneo é preferido pela literatura inglesa e americana. O termo magmático é preferido pelos franceses e alemães. Por nós, serão usados como sinónimos.

Um magma forma-se na crosta ou no manto superior, em locais onde o calor é suficiente para fundir as rochas, no todo ou em parte.

Uma vez formado, o magma tende a subir em direção à superfície. Porquê subir e não descer? Será que estamos neste momento em condições de responder a esta questão? Ou ainda é cedo?

À medida que sobe, o magma vai arrefecendo e cristalizando e por isso parando. Se consegue chegar à superfície suficientemente quente, sai pelos **vulcões**, tipicamente sob a forma de **lava**.

Vulcões: janelas para o interior

Para muita gente, os vulcões são “montanhas de fogo”. Em linguagem comum, até nem está mal. Em linguagem científica, diremos que são dispositivos naturais que permitem a saída, à superfície da Terra, do magma vindo do interior. Muitos vulcões são montes em forma de cone. Muitos, mas não todos.

Por outro lado, um vulcão é apenas a expressão superficial de um conjunto de fenómenos mais profundos (Figura 3.10), que incluem:

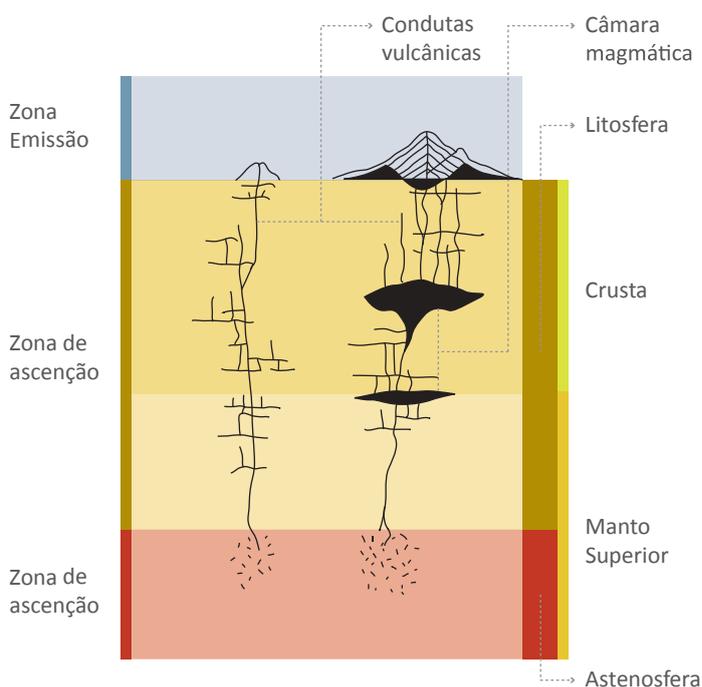


Figura 3.10 Contextos de formação e ascensão do magma

Magma

Designação dada ao material rochoso em fusão, com temperatura, em geral, entre os 600 °C e os 1250 °C, que um vulcão expela durante uma erupção.

Vulcão

Estrutura geológica que permite a saída, à superfície terrestre, de magma, gases e partículas quentes (ex.: cinzas).

Lava

Designação dada ao material geológico em fusão, com temperatura, em geral, entre os 600 °C e os 1250 °C, que um vulcão expela durante uma erupção.

Rocha plutónica

O m.q. rocha intrusiva. Rocha que resulta da consolidação do magma em profundidade.

Rochas vulcânica

O m.q. rocha extrusiva. Rocha que resulta da consolidação do magma à superfície da Terra.

Cone de escórias



Cone de tufos



Doma e agulha

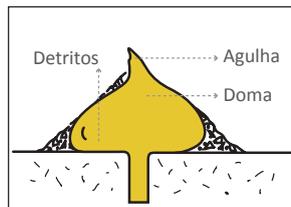


Figura 3.12. Cones de escórias, cone de tufos e doma.

Piroclastos

Fragmentos de rocha sólida que são expelidos para o ar durante uma erupção vulcânica.

Tipo havaiano

Erupção de natureza efusiva, com derrames de lava muito fluida, muito pobre em gases.



Figura 3.13. Lava tipo fluida do vulcão Kilauea, Havai.

Tipo estromboliano

Erupção de natureza efusiva, com explosões, com lava menos fluida que no tipo havaiano, pobre em gases. Forma escoadas curtas e emite piroclastos.

- A geração do magma em profundidade.
- A sua ascensão (subida) ao longo de fissuras, arrefecendo com duas consequências: se o magma atinge a superfície, vai dar origem às **rochas vulcânicas**; se arrefece pelo caminho, vai dar origem às **rochas plutónicas**.

A este conjunto de fenómenos, que vai da geração do magma em profundidade até à sua extrusão à superfície é que se dá o nome de sistema vulcânico. O que, no fundo, é sinónimo de vulcanismo e mesmo de magmatismo.

Já tinhas pensado nisto?

Vulcões e atividade vulcânica

A emissão dos produtos magmáticos origina variados edifícios vulcânicos:

- Vulcões-escudo (ou vulcão em escudo), são os maiores, têm forma muito achatada e emitem lavas basálticas muito fluidas (Figura 3.11).



Figura 3.11. Vulcão em escudo, estrato-vulcão e cone de escórias.

- Estratovulcões (ou estrato de vulcão), são cones de tamanho intermédio que emitem alternadamente lavas e materiais de projeção (**piroclastos**).
- Cones de escórias (emissão subaérea, Figura 3.12) e cones de tufos (emissão subaquática, Figura 3.12), são os mais pequenos, têm vertentes mais abruptas e emitem sobretudo materiais de projeção.
- Picos ou domas, são estruturas que se formam quando as lavas são muito viscosas (Figura 3.12).



Serão as erupções vulcânicas todas do mesmo tipo?

Associando lavas e piroclastos, é costume considerar vários tipos de atividade vulcânica. Fixemos que no mesmo edifício vulcânico podem ocorrer vários tipos de atividade vulcânica.

- O tipo **havaiano** é o mais calmo. Mostra-se como “rios” de lava basáltica muito fluida (Figura 3.13) migrando a velocidades consideráveis, espalhando-se e empilhando-se em grandes extensões. Normalmente não existem piroclastos.
- O tipo **estromboliano** é o mais fotogénico. Erupções violentas, mostrando-se sob a forma de numerosos fragmentos de lava incandescente que voam em repuxo com trajetórias ditas “balísticas”. A lava emitida mostra menor fluidez do que no caso anterior.

- O tipo **pliniano** é o mais violento. A riqueza em gases é proporcional ao aumento do grau de viscosidade. Neste caso pode formar-se uma “rolha” de lava fechando a cratera vulcânica. Ocorrem então gigantescas explosões que lançam gases e cinzas a alturas que podem ultrapassar os 30 km, espalhando-se depois na forma de cogumelo.
- O tipo **surtseyano** caracteriza um vulcanismo subaquático, explosivo, cujos produtos se depositam em camadinhas de cor amarelada.

No mesmo edifício vulcânico podem ocorrer diferentes tipos de atividade vulcânica. Para compreenderes melhor os mecanismos associados a uma erupção vulcânica, realiza a Atividade 3.3.

Tipo pliniano

Erupção muito explosiva, lava muito viscosa, rica em gases. Formação de doma e agulha vulcânica

Tipo surtseyano

Erupção subaquática, explosiva, com emissão de piroclastos.



Problematizar

Como simular uma erupção vulcânica em laboratório?

Atividade 3.3

Para simulares em laboratório uma erupção vulcânica solicita ao professor o seguinte material: 2 velas de cera; 1 faca; 2 gobelés de 250 ml; areia (fina e grosseira); 1 placa de aquecimento; 2 placas de madeira.

1. Corta as velas em pedaços (de dimensões reduzidas) e coloca uma em cada gobelé.
2. Coloca um gobelé sobre a placa de aquecimento e liga-a. Quando a cera estiver toda fundida, retira o gobelé e coloca-o sobre uma placa de madeira. Deixa arrefecer até a cera solidificar (a).
3. Repete o procedimento anterior para o gobelé que contém a segunda vela.
4. Em seguida, coloca areia fina sobre a cera de um dos gobelés, até atingir o dobro da espessura da cera, e por último coloca água sobre a areia, até duplicar a espessura da areia mais a cera (b).
5. Depois, coloca o gobelé (cera + areia fina + água) sobre a placa de aquecimento, regula a temperatura (esta não deve ser muito elevada) e liga-a (c).
6. Regista no caderno o que observares.
7. Repete os procedimentos de 4 a 6 para o segundo gobelé, usando agora areia grosseira.
8. Compara os resultados obtidos nos dois gobelés e apresenta uma explicação para as diferenças observadas.
9. Constrói uma analogia entre o que observaste, o material que utilizaste e a realidade e discute-a com a turma e professor.



Vais agora analisar melhor as condições em que se formam as rochas vulcânicas e as rochas plutónicas e conhecer algumas dessas rochas e características que apresentam.

Rochas vulcânicas

Ao atingir a superfície, o magma transforma-se e é expelido sob 3 formas: sólida (piroclastos), líquida (lavas) e gasosa (gases vulcânicos). As rochas vulcânicas incluem os piroclastos e as lavas arrefecidas.

Lavas – Há lavas e lavas!



Figura 3.14. Basalto



Figura 3.15. Lava em almofada.



Figura 3.16. Riolito



Figura 3.18. Bomba



Figura 3.19. Tufos vulcânicos

Umás são quentes e fluidas e por isso derramam-se extensamente a partir das aberturas ou bocas vulcânicas: são os derrames ou escoadas (ver Figura 3.23). Ao arrefecer, dão rochas escuras do tipo **basalto** (Figura 3.14). Os basaltos são típicos, mas não exclusivos, dos vulcões em escudo. As lavas basálticas submarinas têm um aspeto característico meio arredondado: são as chamadas **lavas em almofada** ou, à inglesa, *pillow-lavas* (Figura 3.15).

Outras lavas são viscosas e por isso tendem a solidificar perto das bocas, formando domas ou curtas escoadas (*coulées*) e dando rochas do tipo **riolito** (Figura 3.16). Como os gases não se libertam tão facilmente como nos basaltos, a pressão interna aumenta e a extrusão é feita de modo explosivo.

Não é raro que as escoadas espessas, ao arrefecer, se contraíam originando fraturas em forma de prisma hexagonal: é a chamada **disjunção colunar** (Figura 3.17).



Figura 3.17. Disjunção colunar (Ilha de Porto Santo, Portugal).

Piroclastos – Os materiais sólidos projetados e depositados perto das bocas vulcânicas têm nomes diversos consoante o tamanho dos fragmentos: cinzas (até 2 mm), lapilli (entre 2 mm e 50 mm) e calhaus, que incluem as chamadas **bombas** (superior a 50 mm, Figura 3.18), dos mais finos aos mais grosseiros. Os piroclastos mais finos (cinzas e lapilli) compactados são os **tufos vulcânicos** (Figura 3.19). Os calhaus (ou blocos) compactados são os aglomerados vulcânicos.

Gases – O principal é o vapor de água (H_2O); depois vêm o CO_2 , o H_2S e outros.

Os gases são de estudo difícil, não só porque se misturam rapidamente com o ar – modificando a sua composição original – mas também porque é preciso recolhê-los num sítio escaldante como é um vulcão em atividade!

Há lavas tão ricas em gases que, quando estes se escapam durante a solidificação, deixam uma rocha tão esburacada que chega a flutuar na água: são as pedra pomes.

Agora, a partir da informação básica já conhecida sobre vulcões, poderias colocar várias perguntas como, por exemplo:

- Quais as consequências da atividade vulcânica sobre o ambiente natural em que vivemos? Também se podem esperar consequências positivas?
- Que procedimentos deveremos seguir no caso de uma erupção vulcânica?
- É possível, considerando o desenvolvimento tecnológico atual, fazer uma previsão da atividade vulcânica?

Apesar da pertinência destas perguntas, as respostas não vão ser dadas de seguida, nem neste ano, mas estarão sim incluídas nas temáticas que, no âmbito da geologia, irás estudar mais adiante.

Rochas plutónicas

Contrariamente às rochas vulcânicas, as rochas plutónicas como, por exemplo, o **granito** (Figura 3.20), o **gabro** (Figura 3.21) ou o **diorito** (Figura 3.22) cristalizam no interior da crosta. Isto quer dizer que não podemos assistir à sua formação, mas apenas muitos anos mais tarde, quando a erosão as “desenterrou”. Tudo isto acontece no âmbito de processos que integram o ciclo das rochas.

Há dois tipos principais de intrusões, consoante as suas formas e relações geométricas com o encaixante (ou rocha envolvente): filões e batólitos (Figura 3.23).

Filões – Formam-se quando o magma intruiu e solidifica numa fratura fissura.

Na maioria dos casos, os filões são verticais ou quase, recebendo então o nome de diques. Quando o magma intrui entre camadas de rochas sedimentares, os filões recebem o nome de filões-camada ou soleiras.



Num empilhamento de rochas sedimentares, como podes distinguir uma soleira (intrusiva) de uma escoada (extrusiva)?

Batólitos – São intrusões muito volumosas. As maiores têm uma forma por vezes descrita como “barcos virados ao contrário”. Chegam a ultrapassar a centena de quilómetros de comprimento e a dezena de quilómetros de largura. A parte superior, irregular, tem bossas como os camelos, conhecidas por cúpulas, que podem ou não aparecer à superfície do terreno.

Muitos geólogos acham conveniente (e com razão) chamar plutões ou plutonitos às intrusões ainda relativamente volumosas, porém mais pequenas do que os batólitos (em regra com alguns quilómetros de diâmetro, medidos à superfície do terreno), e cuja forma lembra a de um balão.



Figura 3.20. Granito



Figura 3.21. Gabro



Figura 3.22. Diorito

Filão

Modo de jazida de minerais ou de rochas caracterizado pela forma alongada e estreita, ocupando fissuras de rochas.

Batólito

Grande massa irregular de rochas plutónicas, em geral superior a 100 quilómetros quadrados.

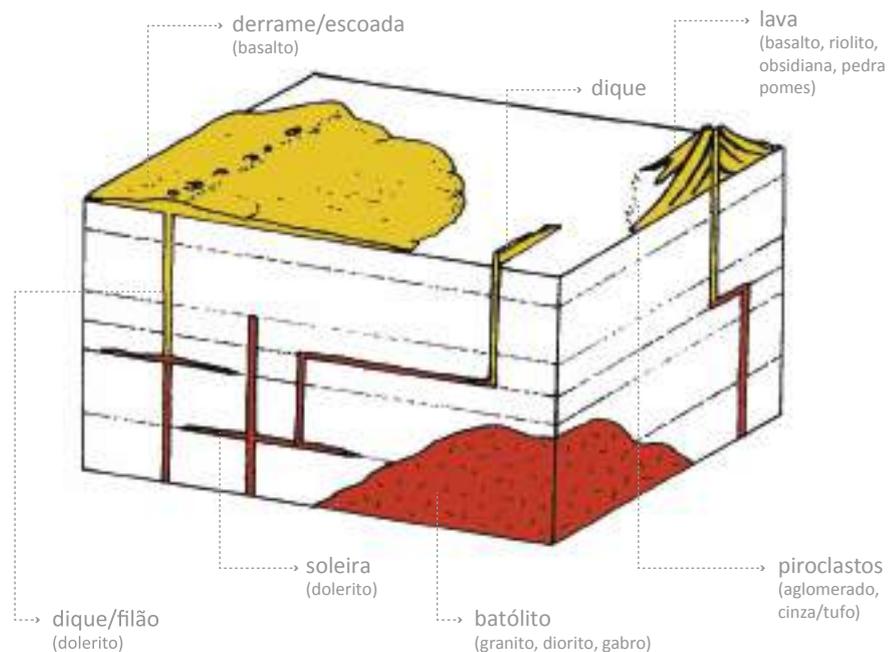


Figura 3.23. Representação esquemática de diferentes locais onde pode ocorrer a consolidação do magma e exemplos de rochas a que dão origem.

? Reconhecimento e classificação das rochas magmáticas – o que precisamos saber?

Para classificarmos as rochas magmáticas devemos ser capazes de identificar os principais minerais que as constituem, bem como as texturas que apresentam. É o que vamos estudar a seguir.

Os minerais e as texturas

Textura

Aspeto geral da rocha resultante das dimensões, formas e arranjos dos minerais que a constituem.

A identificação de uma rocha qualquer implica o conhecimento da sua composição (sobretudo mineralógica, eventualmente química) e da sua **textura** (a forma e sobretudo o tamanho dos minerais). É a textura que nos dá preciosas informações sobre a história do arrefecimento dos magmas.

? Mas como é que isso pode acontecer?

Os minerais

As rochas magmáticas são basicamente formadas por oito minerais silicatados que cristalizam a partir de um magma (Tabela 3.3.); mas não necessariamente de um único magma primitivo. A questão dos magmas primitivos é complexa; deixemo-la para os especialistas.

Distinguiremos quatro tipos principais de líquidos magmáticos (magmas), cuja composição determina os minerais que se vão formar e, assim, originar as diferentes rochas. São eles o ultrabásico (ultramáfico), o básico (máfico), o intermédio e o ácido (félsico). Os termos dentro e fora dos parênteses não são, em rigor, sinónimos, pois uns (fora dos parênteses) referem-se à composição química, e os outros (dentro dos parênteses) à composição mineralógica. Para as nossas necessidades, serão considerados equivalentes (salvo indicação em contrário). Por outro lado, o magma ultrabásico é difícil de obter na Natureza, devido às elevadas temperaturas que exige. Por isso vamos falar sobretudo de magmas (e rochas) básicos, intermédios e ácidos.

Tabela 3.3. Principais minerais que entram na constituição das rochas ígneas.

Minerais constituintes de rochas ígneas	
Minerais máficos Ricos em ferro e magnésio; geralmente escuros	Minerais félsicos Ricos em sódio, potássio e sílica; geralmente claros
Olivina vítreo, esverdeado em pequenos grãos	Plagioclase sódica branca, colorida à luz
Piroxena granular, claro, verde-escuro	Ortoclase rosa, cor geralmente branca
Anfíbola reluzente, cristais alongados	Moscovite claro, em folhas finas
Biotite cor negra	Quartzo vítreo, claro, branco, cinzento

As texturas

As texturas podem ser estudadas à vista desarmada, ou utilizando uma lupa de bolso, ou mesmo com a ajuda do microscópio; tudo depende do tamanho dos minerais. Ora o tamanho dos minerais depende da velocidade de arrefecimento do magma (ou da lava) e por isso aquele tamanho dá-nos indicações sobre a origem da rocha. Por exemplo, o lento arrefecimento necessário para formar uma rocha tão grosseira como o granito deve ocorrer numa intrusão grande e profunda (batólitos). Por outro lado, a pequenez dos minerais que formam uma rocha tão fina como o basalto sugere um arrefecimento rápido junto à superfície (filões e sobretudo escoadas). Assim, uma das características que permite distinguir uma rocha intrusiva de uma extrusiva é a sua textura.

As rochas intrusivas apresentam a textura, dita **fanerítica**, que é analisada à vista desarmada (grão grosseiro a médio) ou com a ajuda de uma lupa (grão fino). Se alguns minerais são muito maiores do que os restantes, falamos de textura porfiróide.

As rochas extrusivas apresentam a textura, dita **afanítica**, que é analisada sobretudo ao microscópio. Às vezes a lupa ajuda, outras vezes nem o microscópio chega. Frequentemente alguns minerais são muito maiores do que os restantes; falamos de textura porfírica.

Para compreenderes melhor os fatores que condicionam o aparecimento de diferentes texturas nas rochas ígneas, realiza a Atividade 3.4.

Mineral máfico

Mineral geralmente de cor escura, rico em ferro e magnésio.

Mineral félsico

Mineral geralmente de cor clara, rico em potássio, sódio e sílica.

Textura fanerítica

Todos os cristais da rocha são visíveis a olho nu ou à lupa.

Textura afanítica

Os componentes da rocha magmática não se distinguem a olho nu nem com a ajuda de uma lupa de bolso. Há quem prefira considerar textura afanítica como equivalente a textura de grão fino

Textura vítrea

Os componentes da rocha magmática que não estão cristalizados.



Problematizar

Como simular, em laboratório, a formação de cristais?

Atividade 3.4

Para compreenderes como se formam os cristais e as condições que intervêm no seu desenvolvimento, realiza as tarefas que se seguem.

1. Solicita ao teu professor o seguinte material: enxofre; 3 cadinhos; 1 fonte de calor; 1 placa fria; 1 tina de vidro; 1 termómetro.
2. Coloca a mesma quantidade de enxofre em cada um dos cadinhos. Aquece cada um dos cadinhos até fundir o enxofre e depois deixa-os arrefecer.
3. Coloca um dos cadinhos sobre a placa fria, outro deixa-o à temperatura ambiente e o terceiro coloca-o em banho-maria a 40 °C.
4. Regista os resultados e compara-os entre si.
5. Indica o fator que condicionou o aspeto e desenvolvimento dos cristais de enxofre.
6. Partilha e discute com a turma e professor os resultados a que o teu grupo chegou.

A realização da Atividade 3.4 permitiu-te compreender melhor alguns dos fatores que condicionam o arrefecimento do magma (ou lava). Na Tabela 3.4 são dados exemplos de rochas que se formaram em diferentes condições de arrefecimento e a textura que apresentam.

Tabela 3.4. Textura e condições de arrefecimento na formação de rochas ígneas.

Rochas ígneas, textura e arrefecimento		
Textura	Arrefecimento	Exemplo
Vítrea	arrefecimento muito rápido; ausência de cristais	obsidiana
Vesicular	arrefecimento muito rápido: libertação de gases e formação de espaços livres na rocha não cristalina	pumito, escória
Afanítica (granulado fino)	arrefecimento lento: formação de cristais microscópicos	riolito, andesito, basalto
Fanerítica (granulado médio)	arrefecimento lento: formação de cristais visíveis	granito, diorito, gabro
Porfiroide/porfírica (granulado duplo)	arrefecimento em dois momentos: em profundidade, lento, originando fenocristais; e perto da superfície, rápido, resultando uma massa amorfa	granito porfiroide, pórfiro granítico



Mas por que é que as rochas têm esta constituição? E qual é, afinal, a importância do arrefecimento para a classificação das rochas?

As Séries de Bowen e a classificação das rochas magmáticas

Uma classificação rigorosa que inclua todas as rochas magmáticas conhecidas não é tarefa fácil. Felizmente que necessitamos de reconhecer apenas um número reduzido de rochas, e mesmo assim à simples vista desarmada (embora sempre que possível com a ajuda de uma lupa).

Que classificação devemos adotar? Depende, na medida em que existem vários critérios.

- Tal como acontece com os minerais, a maneira mais prática (e rápida) de identificar uma rocha magmática é ter visto muitas rochas (no nosso caso aquela dúzia) muitas vezes.
- Há tabelas muito simples e didáticas que nos ajudam a identificar as rochas mais comuns.
- Talvez a melhor maneira de identificar e sobretudo compreender as principais rochas magmáticas seja com a ajuda de um diagrama muito didático (e fácil de fixar) conhecido por **Séries de Bowen** (Figura 3.24).

Norman Levi Bowen

(1887 – 1956) Foi um geólogo que dedicou parte do seu tempo ao “fabrico laboratorial” das diferentes rochas magmáticas a partir de um líquido original de composição basáltica.

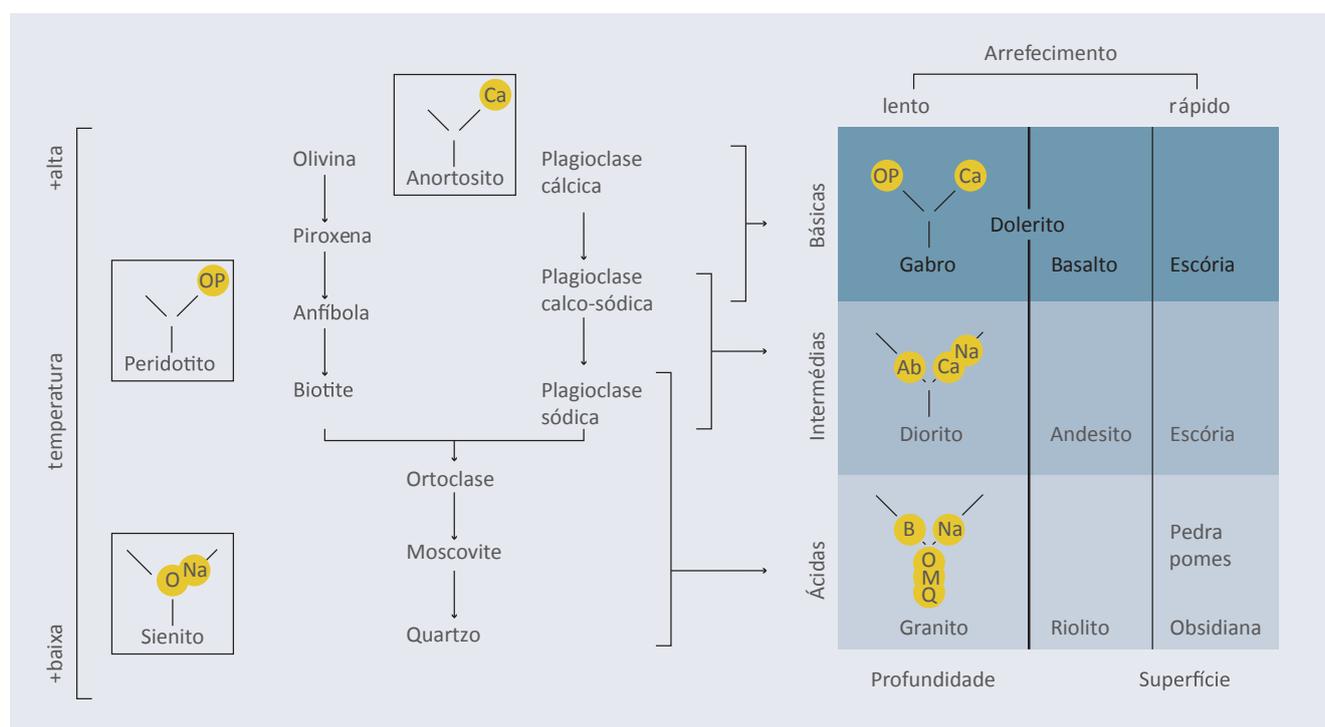


Figura 3.24. Séries de Bowen e classificação das rochas magmáticas.

As letras O, P, A e B representam respetivamente a olivina, piroxena, a anfíbola e a biotite (da série descontínua). À plagioclase cálcica corresponde Ca e à plagioclase sódica (da série contínua) Na. Por sua vez as letras O, M e Q representam respetivamente a ortoclase a moscovite e o quartzo.

O laboratório é importante em Geologia. Mas convém não esquecer que ele é também uma caricatura do grande retrato da Natureza.

Para compreenderes a importância e utilidade do diagrama de Bowen na classificação das rochas magmáticas sugerimos que realizes a Atividade 3.5 indicada na página seguinte.

Um só magma pode, assim, originar diferentes tipos de rochas, uma vez que é constituído por uma mistura complexa de elementos químicos que, ao solidificar, forma diferentes associações de minerais. Como a cristalização desses minerais ocorre a temperaturas diferentes, formam-se durante o processo de solidificação diferentes associações de cristais e um magma residual.

Cristalização fracionada

Processo de diferenciação magmática decorrente da cristalização progressiva de minerais diversos a partir de um magma original, à medida que a temperatura vai baixando, de modo que cristalizam primeiro os minerais com ponto de fusão mais alto.

Assim, à medida que a temperatura vai baixando, o magma residual vai-se modificando, podendo formar-se rochas diferentes a partir do magma original. Pode-se, pois, afirmar que existe uma diferenciação magmática por **crystalização fracionada**, ou seja, é realizada em diferentes tempos.

A interpretação das séries de Bowen ajudaram-te a compreender melhor a composição mineralógica de algumas rochas magmáticas e a perceber a razão pela qual uns minerais são mais abundantes numa rocha do que noutras. No entanto, existem outras formas de distinguir as diferentes rochas magmáticas, por exemplo através da observação de amostras de mão em laboratório, como farás na Atividade 3.6.



Problematizar

Por que razão certos minerais são abundantes em algumas rochas magmáticas e estão ausentes noutras?

Atividade 3.5

Tendo em conta a informação contida na Figura 3.24 e o que já sabes sobre rochas magmáticas, realiza a proposta de trabalho que se segue.

1. Indica as associações de minerais mais previsíveis. Fundamenta a resposta.
2. Refere os minerais cuja probabilidade de ocorrência num basalto é elevada.
3. Explica por que razão é pouco provável a ocorrência de quartzo no basalto.
4. Indica a composição mineralógica mais provável de um diorito.
5. Refere o nome de duas rochas que tenham uma composição química semelhante mas diferente textura. Apresenta uma explicação para as diferenças texturais existentes entre elas.
6. Partilha e discute, com os colegas de turma e professor, as respostas que deste às questões anteriores.



Problematizar

Como distinguir as rochas magmáticas em amostra de mão?

Atividade 3.6

1. Solicita ao professor o seguinte material:
 - . amostras de rochas (por exemplo, granito, basalto, gabro, diorito, andesito e riolito);
 - . amostras de minerais (por exemplo, quartzo, moscovite, biotite, plagioclase, ortoclase);
 - . lupa de bolso; canivete; placa de cerâmica.
2. Organiza grupos de rochas com base em critérios como, por exemplo, a:
 - a. cor (clara, intermédia, escura);
 - b. existência de cristais visíveis macroscopicamente;
 - c. dimensão relativa dos cristais constituintes;
 - d. existência de quartzo;
 - e. presença de outros minerais.
3. Identifica minerais constituintes das rochas, comparando-os com os fornecidos pelo professor, devidamente identificados.
4. Constrói um quadro no teu caderno e regista o que observares.
5. Partilha, com os colegas de turma e professor, os registos que efectuaste.

Magmatismo e Tectónica de Placas

No subtema 2.3 abordaste certos aspetos relacionados com a Tectónica de Placas. Agora chegou a altura de compreenderes algumas implicações da referida teoria global. De facto, as rochas ígneas não se distribuem ao acaso na crosta terrestre. Pelo contrário. E a Tectónica de Placas é uma boa ferramenta para te ajudar a entender a “ecologia” das rochas que já conheces. O perfil indicado na Figura 3.25 é bastante sugestivo e contribuirá para fundamentar a afirmação anterior.

A formação das rochas magmáticas está, na realidade, articulada com a mobilidade da litosfera e ocorre, em regra, nos limites convergentes e divergentes das placas litosféricas. Estes limites correspondem a regiões do globo onde as condições de pressão e temperatura permitem a fusão parcial de rochas da crosta e do manto superior, originando magma. Este magma ao consolidar, como já foi referido, dá origem a diferentes tipos de rochas magmáticas (intrusivas e extrusivas). Mas repara que a natureza das rochas é distinta, consoante apareçam em zonas convergentes ou divergentes, como é bem assinalado na Figura 3.25.

A leitura e interpretação da Tabela 3.5 dá, também, informações complementares. Deve clarificar-se já o significado de rocha félsica e máfica. A designação de félsico (feldspato + sílica) é aplicada a minerais silicatados, rochas, ou magmas, ricos em elementos leves como o silício, o oxigénio, o alumínio, o sodio ou o potássio. A cor é, naturalmente, predominantemente clara. O termo máfico (magnésio + ferro) é atribuído a um mineral, uma rocha ou um magma rico em ferro e magnésio e, conseqüentemente, pobre em sílica. Quando o enriquecimento é muito elevado, então a designação usada é a de ultramáfico.

A Tabela 3.5 permite conhecer algumas características, bem como detalhar a respetiva origem das rochas referenciadas na Figura 3.25. Compreendes também melhor, agora, o que no subtema “A Terra profunda” foi assinalado em relação à constituição da crosta continental e da crosta oceânica.

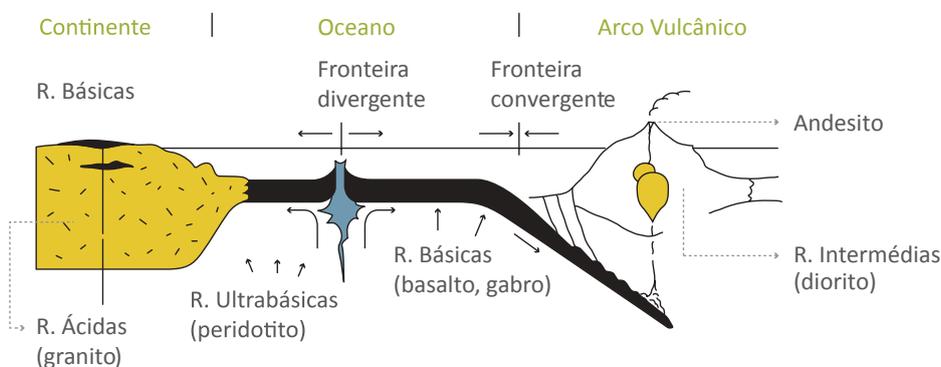


Figura 3.25. Localização dos diferentes tipos de rochas magmáticas, no contexto da Tectónica de Placas.

Tabela 3.5. Origem dos diferentes tipos de rochas magmáticas, no contexto da Tectónica de Placas.

Tipo de rocha	Origem
Félsica Riolito Granito Granodiorito Sienito	Típicas de áreas continentais. São produzidas pela última fração fundida de material máfico, ao longo de zonas de subducção. Os magmas félsicos implantam-se como batólitos em áreas vulcânicas. Os granitos são as rochas ígneas menos densas, o que significa a possibilidade de “flutuar” no contexto das rochas máficas. Esta a razão pela qual, mesmo erodidos, os continentes se dispõem acima do nível do mar. A acreção de vários arcos vulcânicos origina um cratão continental.
Intermédia Andesito Diorito Gabro	Produzidas por fracionamento de magmas máficos, em zonas de subducção, e por intrusão, em arcos vulcânicos.
Máfica Basalto Gabro	Típicas de crosta oceânica. Produzidas em áreas divergentes, como as zonas de rifte, a partir de plumas mantélicas. Ocorrem igualmente em zonas continentais, em riftes primitivos, ou em <i>hot spots</i> . A alta densidade das rochas contribui para que a crosta oceânica se localize, em média, cerca de 6 km abaixo do nível do mar.
Ultramáfica Peridotito Dunito Piroxenito	Resíduos insolúveis, originados a partir da fracionamento de magmas máficos, tanto em zonas de rifte, como em zonas de subducção. Trata-se de rochas com elevada densidade.

Para melhorares os conhecimentos que já possuis sobre magmatismo e rochas magmáticas lê e interpreta a informação contida em Aprofundamento (página 127).

Rochas em Timor

Ficaste a conhecer os grandes grupos de rochas, através dos principais minerais que as constituem, dos respetivos processos de formação e, também, dos processos como, permanentemente, se transformam. E quais são aquelas que predominam em Timor? E onde é que se encontram? O mapa da Figura 3.26 representa a distribuição das rochas magmáticas no território timorense.

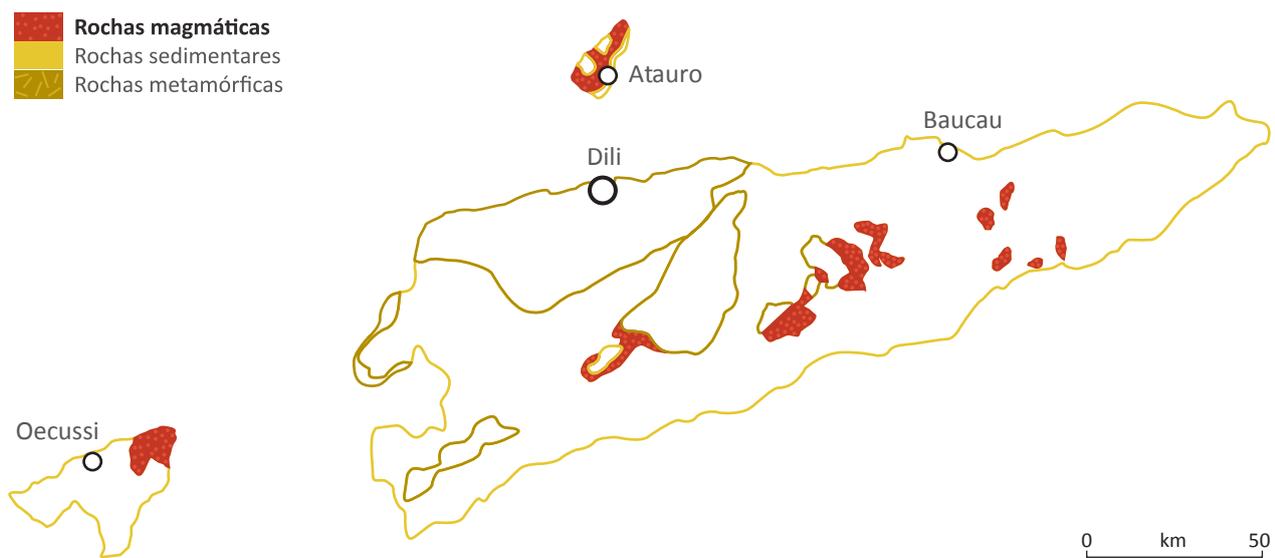


Figura 3.26. Mapa de Timor-Leste com a localização das rochas magmáticas.

Síntese

- Grande parte dos magmas origina-se na fronteira entre placas litosféricas.
- Os magmas são misturas em estado de fusão constituídas por substâncias com diferentes pontos de solidificação.
- A génese dos minerais dá-se segundo uma ordem definida, da qual resulta uma diferenciação magmática.
- Os primeiros minerais a consolidar são os que têm ponto de fusão mais elevado, seguindo-se os de ponto de fusão mais baixo.
- O tamanho dos minerais depende da velocidade de arrefecimento do magma (ou da lava). Quando o arrefecimento é rápido (à superfície da Terra ou perto dela) formam-se rochas com textura afanítica ou vítrea. Quando o arrefecimento é lento (em profundidade) originam-se rochas com textura fanerítica.
- A natureza das lavas (ácidas, intermédias ou básicas) condiciona o tipo de atividade vulcânica (explosiva ou não explosiva) e o tipo de edifícios vulcânicos que se formam.

Sítios Web úteis

<http://walrus.wr.usgs.gov/docs/ask-a-ge.html/>

<http://www.geolab.unc.edu>

<http://www.learner.org/interactives/rockcycle/>

<http://geolsoc.org.uk>

<http://www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/magmaticos/diorito.html>

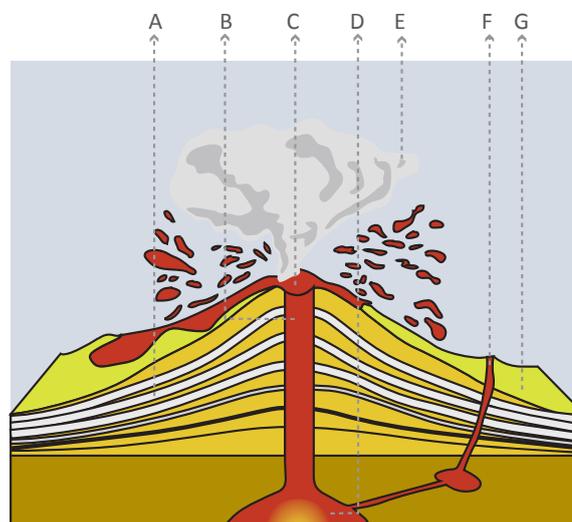
Questões em aberto

A questão das condições de formação do magma e do respetivo local são ainda hoje questões em discussão. O próprio conhecimento da real constituição do magma a grandes profundidades, bem como as reações químicas inerentes continuam a necessitar de mais estudos.

Avaliação

Para avaliares os conhecimentos que foste construindo ao longo da subunidade, responde no teu caderno às questões que se seguem.

1. Indica critérios que, do teu ponto de vista, foram usados para classificar as erupções vulcânicas.
2. Observa com atenção o sistema vulcânico da Figura ao lado.
 - 2.1. Identifica os constituintes do sistema vulcânico assinalados na Figura.
 - 2.2. Relaciona a natureza da lava com o tipo de atividade vulcânica. Fundamenta a resposta com base na Figura.
3. Estabelece uma relação entre as condições de génese das rochas magmáticas e o local onde hoje podem ser observadas.

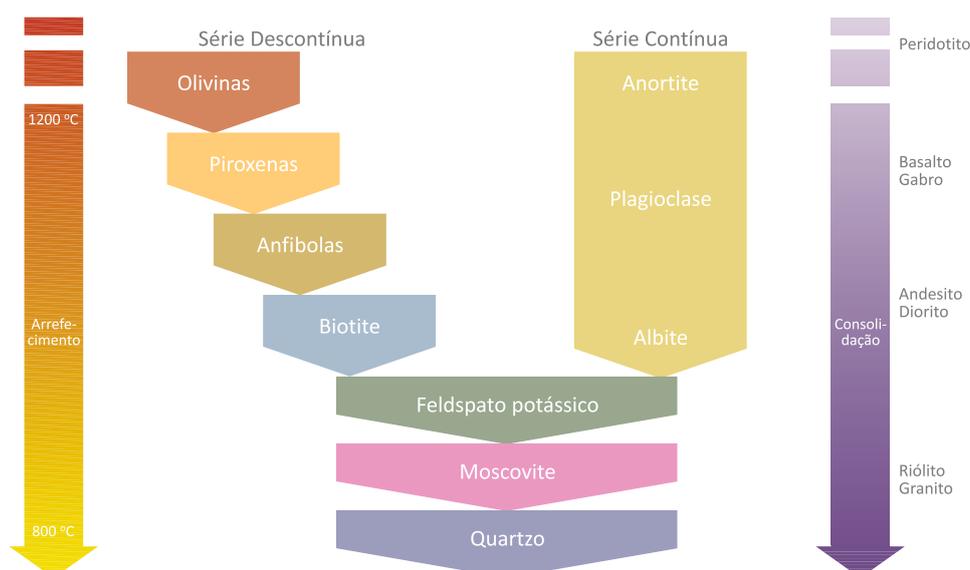


4. O diorito é uma rocha fanerítica (Figura ao lado). Justifica a afirmação.
5. Relaciona a textura do diorito com as condições em que este se formou.
6. Indica uma zona do território timorense onde se possam encontrar rochas magmáticas.
7. Analisa com atenção a Tabela que se segue.



Rocha	Textura	Ortoclase	Quartzo	Plagioclase	Mica	Horneblenda	Piroxena
1	Fanerítica	62%	20%	7%	7%	4%	0%
2	Fanerítica	24%	40%	19%	10%	7%	0%
3	Afanítica	0%	6%	16%	41%	14%	23%
4	Afanítica	0%	0%	50%	0%	6%	44%

- 7.1. Indica a rocha que possui maior quantidade de quartzo.
 - 7.2. Indica as rochas que se formaram mais perto da superfície terrestre.
 - 7.3. Indica a rocha que poderá corresponder ao basalto.
8. Na Figura seguinte estão representadas, de forma esquemática, as séries de Bowen.



- 8.1. Com base na Figura, explica em que consiste a cristalização fracionada.
 - 8.2. Indica uma possível associação de minerais para:
 - 8.2.1. o gabro;
 - 8.2.2. o granito.
9. Transcreve a opção que completa corretamente a afirmação: as rochas máficas (ex.: basalto e gabro) formam-se essencialmente nas zonas de:
- (A) rifte;
 - (B) convergência de placas;
 - (C) convergência de placas e de rifte;
 - (D) rifte e zonas oceânicas intraplaca.
10. Formula uma questão que gostasses de ver resolvida e que te tenha sido colocada pelo estudo que fizeste no tema “Magmatismo e rochas magmáticas”.

3.2.2. Sedimentação e rochas sedimentares

Nesta secção vais estudar as rochas sedimentares e os minerais que as constituem, bem como as estruturas que as caracterizam. Serão também objeto de estudo os processos envolvidos na sua formação. Aprenderás a distinguir os diferentes tipos de rochas sedimentares – siliciclásticas ou detríticas (como verás na página 106) e carbonatadas – e a relacionar as características que apresentam com a sua génese. A integração deste tipo de rochas no ciclo das rochas ajuda-te a ter uma perspetiva sistémica dos conteúdos explorados nesta temática.



Quais os processos envolvidos na formação das rochas sedimentares?

O que caracteriza uma rocha sedimentar?

Como as podemos distinguir?

Por que razão existem diferentes tipos de solos?



Conceitos-chave

- Cimentação
- Compactação
- Deposição
- Diagénese
- Erosão
- Estratos
- Estratificação gradada
- Estrutura sedimentar
- Húmus
- Lixiviação
- Meteorização Física
- Meteorização química
- Relevo cárstico
- Rocha detrítica
- Rocha carbonatada
- Solo



Metas de aprendizagem

- Compreende a sequência das etapas de formação das rochas sedimentares - meteorização, erosão, transporte, deposição e diagénese.
- Relaciona a formação dos solos com o fenómeno de meteorização.
- Distingue, quanto à origem dos sedimentos, rochas siliciclásticas de rochas carbonatadas.
- Identifica, em amostra de mão, diferentes rochas sedimentares, atendendo à composição mineralógica e à textura.
- Explica diferentes estruturas sedimentares com base em esquemas.
- Integra as rochas sedimentares no ciclo das rochas.
- Relaciona a distribuição das rochas sedimentares com a Tectónica de Placas.

? Como explicar a existência de diferentes rochas sedimentares?

Deposição

Acumulação de sedimentos transportados por água, vento e gelo, à medida que a capacidade de transporte vai diminuindo.

Erosão

Remoção dos materiais que resultam da meteorização das rochas.

As rochas sedimentares são formadas pela **deposição**, e posterior soterramento de materiais provenientes da **erosão** de rochas mais antigas expostas à superfície da Terra.

As rochas sedimentares são as rochas mais abundantes em Timor-Leste; isto obriga a que as analisemos com algum pormenor, em parte no 10º ano, em parte no 11º ano.

Todas as rochas estão sujeitas à ação da meteorização sofrendo posterior erosão.

Os materiais desgastados sofrem, mais cedo ou mais tarde, um transporte (sobretudo pelos rios, ribeiras e pelo vento), que é feito sob a forma de fragmentos sólidos (é a chamada carga visível) ou de soluções aquosas (é a chamada carga invisível). A Figura 3.27 evidencia a carga transportada por uma ribeira.



Figura 3.27. Carga sólida, com cor acastanhada, transportada por uma ribeira timorense.

Estratos

Camadas sobrepostas de sedimentos e rochas, geralmente paralelas, que se distinguem pela espessura, pela composição e pela cor.

Os materiais transportados acabam por ser depositados em **estratos** geralmente horizontais. Chamam-se então sedimentos.

Terá sentido fazeres a pergunta: quais as razões que determinam a deposição desses sedimentos?

Por uma questão de comodidade, o termo sedimento é às vezes também aplicado ao material em transporte sendo, por exemplo, comum dizer-se que “esta ribeira transporta muitos sedimentos”.

Algumas camadas de sedimentos formam-se pela acumulação de restos de seres vivos. Por exemplo, as areias calcárias (conchas de animais) ou leitos de carvão (plantas apodrecidas).

À medida que se vão acumulando e compactando, os sedimentos passam a rochas consolidadas.

Esta afirmação suscita-nos a seguinte questão: Se as rochas são associações de minerais, não deveriam ser os sedimentos já considerados rochas sedimentares?

A Atividade 3.7 que vais agora realizar – centrada num exemplo timorense – ajuda-te a compreender melhor um conjunto de questões relacionadas com o processo de transporte. Pretende-se, também, que com ela respondas a algumas das questões que te vêm sendo colocadas.



Problematizar

Como explicar a presença de sedimentos no leito das ribeiras timorenses?

Atividade 3.7

1. Observa com atenção a Figura que corresponde a uma ribeira perto de Gleno.
 - 1.1. Apresenta uma explicação para o facto da água da ribeira se apresentar muito turva.
 - 1.2. Indica uma possível origem para os sedimentos que se vão depositando no leito da ribeira.
 - 1.3. Refere fatores que podem ter condicionado a referida deposição.
 - 1.4. Discute, com os teus colegas e professor, as respostas que deste às questões anteriores.
2. Para compreenderes melhor os fatores que condicionam o transporte e deposição dos fragmentos sólidos em meio aquoso, realiza, em grupo, uma atividade laboratorial, com recurso ao seguinte material:
 - uma tina de vidro (semelhante à da Figura);
 - um gobelé;
 - duas mangueiras;
 - areia não calibrada (fragmentos de diferentes dimensões).
 - 2.1. Coloca um gobelé cheio de água no centro da tina de vidro.
 - 2.2. Coloca água na tina de vidro, até $\frac{3}{4}$ da sua altura.
 - 2.3. Despeja para dentro da água da tina uma mão cheia de areia.
 - 2.4. Liga uma mangueira a uma torneira de modo a provocar uma corrente circular no interior da tina. Simultaneamente, com outra mangueira, a fazer de sifão, aspira água da tina de modo a manter o nível constante.
 - 2.5. Solicita aos colegas de grupo que registem no caderno o modo como as diferentes partículas – as mais pequenas, as de tamanho intermédio e as maiores – se deslocam.
 - 2.6. Aumenta progressivamente o fluxo da água da torneira. Solicita aos colegas de grupo que registem no caderno as alterações que observaram.
3. Relaciona o tipo de transporte sofrido pelas partículas com:
 - 3.1. a intensidade da corrente;
 - 3.2. a dimensão das partículas.
4. Tendo em conta os resultados obtidos na atividade laboratorial que acabaste de realizar, apresenta uma explicação para a deposição de sedimentos no leito das ribeiras.



Formação das rochas sedimentares

? Meteorização – quais os tipos e que consequências?

A meteorização também é conhecida por alteração meteórica ou alteração superficial, ou simplesmente alteração. Consiste na decomposição gradual das rochas expostas à superfície terrestre – ou aflorantes, na linguagem dos geólogos. É um processo complexo, mas importante. E importante porquê? Porque, entre outras coisas, é fundamental para a formação dos solos agrícolas.

É costume distinguir 2 tipos ou modalidades de meteorização: física e química. Elas atuam em simultâneo; mas cada uma é dominante em função do clima, do relevo e da natureza das rochas.

Meteorização física

Degradação mecânica das rochas.

Meteorização química

Alteração química dos minerais que constituem as rochas, transformando-os em minerais mais estáveis.

Relevo cárstico

Relevo característico das zonas calcárias, provocado pela dissolução do carbonato de cálcio.

- **Meteorização física** – A rocha desagrega-se em fragmentos mais pequenos (ditos líticos) por ação de fenómenos de natureza física. Um caso extremo é a variação da temperatura em regiões desérticas ou em alta montanha. A humidade contida nas fissuras, intensifica o processo de meteorização, através das variações de temperatura – gelando e descongelando – como sucede, por exemplo, com a geada.
- **Meteorização química** – Os minerais das rochas decompõem-se em meio aquoso, devido a reações químicas que os transformam em produtos solúveis. Um dos exemplos mais estudados é a transformação dos feldspatos em minerais das argilas. As chuvas ácidas, que estudarás na disciplina de Química, são através dos iões dissolvidos, também, um agente fomentador deste tipo de meteorização. Tem sentido sublinhar, no contexto de Timor, que a meteorização química é muito intensa em climas quentes e húmidos.

Que razões podem justificar tal situação? Pensa no facto de a água quente lavar melhor a louça do que a água fria. A meteorização química é também característica das rochas calcárias, dando origem a um tipo de relevo especial, designado por **relevo cárstico**, que estudarás no 11º ano. A Figura 3.28 mostra, de forma caricaturada, um conjunto de processos relacionados com a meteorização.



Figura 3.28. Representação esquemática da atuação de alguns agentes de meteorização.



Problematizar

Quais os principais agentes de meteorização? Como atuam?

Atividade 3.8

1. Interpreta a Figura 3.28, assinalando:
 - 1.1. a autoria do grito de “Socorro”;
 - 1.2. os agentes que, de uma forma evidente, estão a atuar no processo de meteorização;
 - 1.3. os agentes que, do teu ponto de vista, são mais relevantes na meteorização que ocorre em Timor.

As plantas e os animais podem intensificar localmente a meteorização nos seus aspetos físicos. As raízes das árvores, as minhocas ou as toupeiras, dentre outros, têm essa capacidade. Contudo, os aspetos químicos podem igualmente ser acelerados através, por exemplo, de bactérias, ou das próprias raízes de plantas. Por isso há quem distinga uma terceira modalidade de meteorização designada por meteorização biológica.

Será útil considerar esta terceira modalidade? Não será ela apenas uma variante das duas outras? Deves ir pensando nesta questão, ainda que a resposta – que não é fácil – se possa ir tornando mais clara, com o desenvolvimento desta secção.

Mas, afinal, em que condições é que a meteorização conduz à formação de solos?

Salvo em condições de grande aridez, a meteorização conduz à formação de solos. O **solo** é uma espécie de tapete que cobre a rocha sã (não alterada) ou rocha mãe. O estudo científico dos solos chama-se Pedologia e os cientistas dos solos são os pedólogos. De facto, os solos são constituídos por uma fração sólida (minerais e matéria orgânica), uma fração líquida (solução do solo) e uma fração gasosa (atmosfera do solo)

Nos casos mais favoráveis, um solo, dito evoluído, apresenta 3 “camadas” principais, a que os pedólogos chamam horizontes:

- Horizonte A – É uma zona de lavagem ou **lixiviação**, (isto é, de solubilização dos minerais) onde se concentra, na parte superior, o **húmus** (ou matéria orgânica) tão apreciado pelos agricultores.
- Horizonte B – É uma zona de acumulação, onde precipitam substâncias dissolvidas (lixiviadas) no horizonte A. Estas substâncias juntam-se ao material argiloso proveniente da decomposição prolongada da rocha mãe.
- Horizonte C – É uma zona de desagregação grosseira (e alguma decomposição) da rocha subjacente não alterada.

Os horizontes são zonas de reação química; não são camadas no sentido de estratos sedimentares. Nestes, o estrato superior é mais recente do que o inferior. No caso dos solos, os horizontes vão-se formando ao mesmo tempo.

Solo

Produto da meteorização, geralmente não consolidado, que recobre, em parte, a superfície terrestre emersa. Contem minerais argilosos e matéria orgânica. É onde as plantas se podem desenvolver.

Lixiviação

Processo de extração de uma substância presente em componentes sólidos através da sua dissolução num líquido.

Húmus

Matéria orgânica depositada na parte superior do solo, resultante da decomposição de animais e plantas mortas, ou dos seus subprodutos.

A Figura 3.30 mostra uma barreira de estrada em Timor-Leste. Nela se vê, debaixo de uma frondosa árvore, o perfil característico de um solo, sendo possível identificar os seus diversos níveis. A fim de melhor entenderes este assunto, pensa em estabelecer uma relação entre as Figuras 3.29 e 3.30.

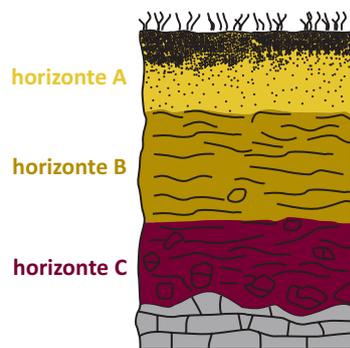


Figura 3.29. Representação esquemática do perfil e de um solo.



Figura 3.30. Barreira de estrada, entre Díli a Baucau, põe em evidência o perfil de um solo timorense.

? Erosão, transporte e sedimentação – ao mesmo tempo ou em tempos diferentes?

Os materiais resultantes da meteorização vão ser erodidos, transportados e sedimentados. Mas não necessariamente ao mesmo tempo. E porquê?

Porque os solos podem funcionar como verdadeiros filtros naturais, deixando passar uma parte dos materiais, principalmente os que estão em solução, retendo outra parte, especialmente os fragmentos sólidos. Estes filtros podem ser “finos e em bom estado”, é o caso dos solos equatoriais. Pelo contrário, alguns são “grossos e rotos”, como é o caso dos solos “esqueléticos” das regiões áridas.

Na secção de Aprofundamento encontrarás algumas informações adicionais (página 128).

E como pode ser analisada a dispersão dos produtos meteorizados?

Vamos prestar atenção a dois modos de proceder à respetiva análise.

Primeiro – prestando mais atenção aos agentes da erosão (gravidade, água, vento, gelo). Estes agentes são bons construtores da paisagem, mas também fatores de algum risco natural. Deixaremos estas questões para o 11º ano (paisagens) e para o 12º ano (riscos).

Segundo – prestando mais atenção ao transporte e deposição dos sedimentos. É o que vamos fazer neste 10º ano.

Para mais fácil compreensão, vamos considerar separadamente uma linha detrítica e uma linha química.

Linha detrítica

O quartzo, os fragmentos líticos e os materiais argilosos vão sendo separados ao longo do transporte, em função dos tamanhos e das densidades. Assim, os maiores e mais “pesados” depositam-se primeiro, enquanto os outros vão seguindo viagem, enquanto houver energia no meio suficiente para os transportar. Ao mesmo tempo, há uma tendência geral para uma melhoria na calibragem, arredondamento e maturidade dos sedimentos (Figura 3.31).

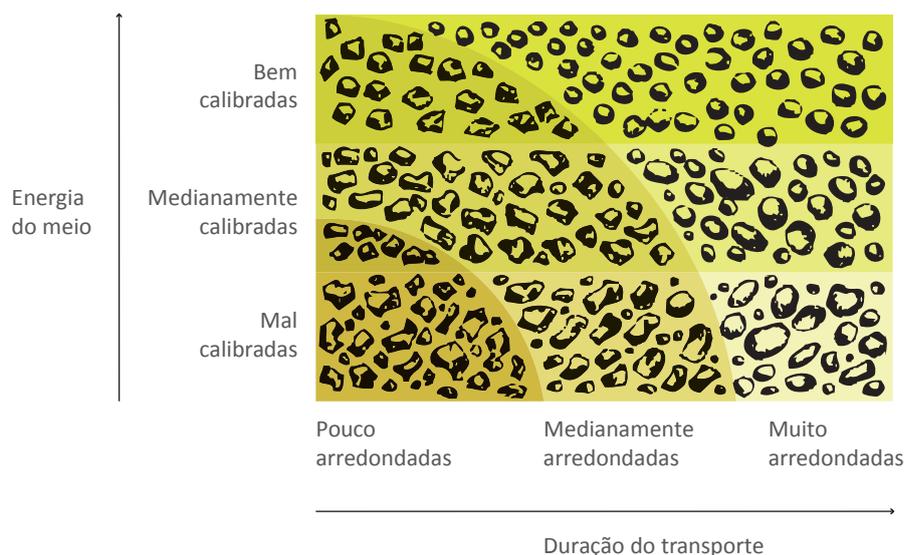


Figura 3.31. Evolução dos sedimentos, em função da energia do meio e do tempo de transporte.

Calibragem – É uma medida da homogeneidade do tamanho dos grãos. Ao longo de um transporte prolongado, os grãos vão sendo agrupados, isto é, separados em lotes de tamanhos idênticos e cada vez mais finos.

Arredondamento – É uma medida da “redondeza” dos grãos. Grãos angulosos indicam transporte curto. Se o transporte é prolongado, as arestas vão sendo como que limadas e os grãos vão ficando mais arredondados.

Maturidade – É uma medida da “limpidez” do sedimento. Quanto mais maturo, maior é a percentagem de quartzo e menor a dos fragmentos líticos e da matriz argilosa.

Há duas outras características dos grãos detríticos a que devemos prestar atenção:

- Uma delas é o maior ou menor brilho dos grãos de quartzo. Se os grãos forem brilhantes, devem ter sido transportados pela água. Se forem baços, devem ter sido transportados pelo vento.
- A outra é a inclinação dos seixos imbricados. Veremos o seu significado no 11º ano.

Independentemente das características dos grãos, quando o agente de transporte perde energia, os materiais depositam-se, contribuindo assim para a formação de sedimentos. As características dos depósitos dependem, entre outros fatores, dos ambientes (terrestre ou aquáticos) em que ocorre a sedimentação. Em determinados ambientes a deposição dá-se, em regra, segundo camadas sobrepostas, horizontais e paralelas (Figura 3.32).

Para compreenderes de que modo as características das rochas sedimentares podem refletir os ambientes em que se formaram, realiza a Atividade 3.9.



Figura 3.32. Estratos sobrepostos (Barreira de estrada perto de Baucau, Timor-Leste).



Problematizar

Como explicar a ocorrência de estratos sobrepostos? E a distribuição dos sedimentos no interior de cada estrato?

Atividade 3.9

- Solicita ao professor o seguinte material:
 - 2 provetas de grandes dimensões (ou colunas em acrílico);
 - areão (com fragmentos de diferente granulometria);
 - água
 - cronómetro.
- Coloca água numa das provetas até cerca de $\frac{3}{4}$ da sua altura.
- Faz 3 lançamentos com areão para dentro da proveta, espera que todos os sedimentos se depositem antes de repetires cada operação.
- Elabora um quadro no caderno para registares:
 - O tempo necessário para que todos os sedimentos se depositem;
 - O aspeto da água após o lançamento;
 - A espessura dos sedimentos na proveta após o lançamento;
 - A distribuição dos sedimentos, relativos a cada lançamento, no interior da proveta.
- Esquematiza, no caderno, a disposição dos “estratos” e respetivos sedimentos, após os três lançamentos.
- Indica como varia a granulometria dos sedimentos:
 - no interior de cada estrato;
 - de estrato para estrato.
- Faz três lançamentos de areão para dentro da proveta que não contém água, espera que todos os sedimentos se depositem antes de repetires cada operação.
- Compara estes resultados com os que obtiveste na proveta com água.
- Apresenta uma justificação para as diferenças observadas.



areão



proвета

10. Tendo em conta os resultados obtidos, indica as características do meio onde se teriam depositado os estratos representados na Figura 3.32.
11. Prevê o tipo de distribuição granulométrica que esperas encontrar em estratos sedimentares, quando no ambiente deposicional se verificar:
 - 11.1. um aumento de energia;
 - 11.2. uma diminuição de energia.
12. Partilha e discute, com os colegas de turma e professor, o trabalho realizado.

Durante a deposição forma-se uma grande variedade de estruturas, denominadas de **estruturas sedimentares**. O aspeto estrutural mais característico das rochas sedimentares é a estratificação. As camadas paralelas, com grãos de diferentes tamanhos ou com diferente composição, indicam sucessivas superfícies de deposição, que se formaram no momento da sedimentação. Podem ter espessuras da ordem dos centímetros ou mesmo dos milímetros. Em situações extremas podem atingir alguns metros de espessura. Na Figura 3.33 está representada uma estrutura sedimentar do tipo **estratificação gradada**. É uma estrutura relacionada com o ordenamento das partículas no interior do estrato, em que o tamanho do grão diminui da parte inferior para a parte superior.

Qual o significado, que do teu ponto de vista, deve ser dado a este facto?

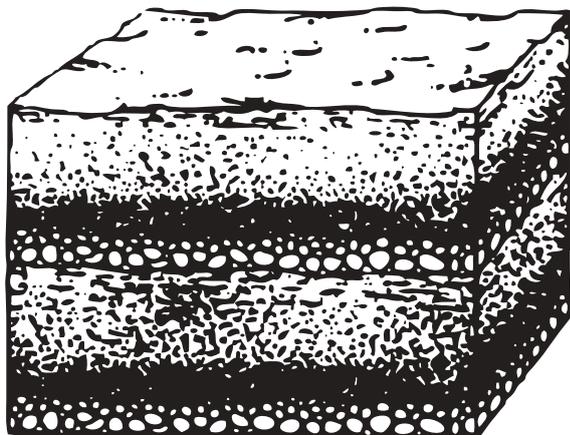


Figura 3.33. Representação esquemática de uma estrutura sedimentar do tipo estratificação gradada.

Linha química

As substâncias transportadas em solução (“carga invisível”) são principalmente bicarbonatos e sulfatos de cálcio e sódio. E é claro que temos de contar ainda com o “sal” (NaCl) na água do mar.

A precipitação do cálcio, sob a forma de calcite, é sobretudo bioquímica. Que significado podes atribuir a esta afirmação. Muitos seres marinhos extraem o cálcio da água do mar para formarem os seus esqueletos, tanto o interno como o externo, incluindo conchas e carapaças. Quando aqueles seres morrem, os seus esqueletos acumulam-se no fundo: assim se forma a maior parte dos sedimentos calcários. O mesmo acontece, embora com menos frequência, com a sílica (SiO₂); neste caso, os seres marinhos têm esqueletos siliciosos (ex.: radiolários e diatomáceas, como aprenderás em Biologia).

Estruturas sedimentares.

Figuras impressas nas rochas que refletem o processo de formação.

Estratificação gradada

Estrutura sedimentar caracterizada pela diminuição do tamanho do grão da parte inferior para a parte superior do estrato.



Figura 3.34. Gesso

Outros sedimentos resultam de uma precipitação puramente química: é o caso dos evaporitos como o sal-gema (NaCl) e o **gesso** (CaSO_4 ; Figura 3.34), ou de alguma dolomite [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$].

Na Figura 3.35 estão representadas, lado a lado, as duas linhas de evolução das rochas sedimentares: detrítica e química. Para compreenderes as principais diferenças que existem entre as duas linhas de evolução, realiza a Atividade 3.10.

Problematizar

Como distinguir rochas siliciclásticas de rochas carbonatadas?

Atividade 3.10

Com base nos dados fornecidos pela Figura 3.35, responde às questões que se seguem.

1. Compara o arenito, que é uma rocha siliciclástica, com o calcário, que pertence ao grupo das rochas carbonatadas, quanto:
 - 1.1. às características dos sedimentos que as originaram, por exemplo a sua: dimensão;
 - 1.2. aos minerais que as constituem;
 - 1.3. ao ambiente deposicional onde se formaram.
2. Prevê como evoluem os sedimentos à medida que outros se sobrepõem e que estes se aprofundam na crosta, atendendo aos seguintes aspetos:
 - 2.1. porção de água existente entre as partículas;
 - 2.2. distância entre as partículas;
 - 2.3. ligação entre as partículas.
3. Elabora um texto em que contes a história de uma das rochas, arenito ou calcário, desde a formação dos sedimentos que a constituem até à sua formação.
4. Partilha e discute com os colegas de turma e professor as respostas que deste às questões.

A parte superior da Figura 3.35 mostra a distribuição, por diferentes zonas, à superfície, de rochas resultantes da meteorização, desde os depósitos de praia (areias), até à plataforma próxima e longínqua (calcários), em função das dimensões das respetivas partículas.

A parte inferior da mesma Figura revela percursos evolutivos de rochas siliciclásticas e carbonatadas, desde os produtos de meteorização, passando pela respetiva composição e granulometria dos seus constituintes, até ao local onde aquelas se localizam no espaço.

Compactação

Redução de volume do sedimento sujeito a compressão provocada pelo peso dos sedimentos que se lhe sobrepõem.

Cimentação

Preenchimento dos poros dos sedimentos devido à precipitação de substâncias dissolvidas nas águas de circulação.



Diagéneze – qual a fronteira entre o sedimento e a rocha?

À medida que vão sendo soterrados, os sedimentos vão ficando cada vez mais endurecidos ou consolidados. Esta consolidação pode fazer-se por **compactação**,

como sucede ao miolo do pão quando o apertamos. Mas também pode ocorrer por **cimentação**, como acontece com a deposição do calcário nas canalizações. É a isto que se chama **diagénese**.

Diagénese

Evolução dos sedimentos após a deposição, em que intervêm processos físicos e químicos, mais ou menos complexos. Termina, por convenção, com o início do metamorfismo.

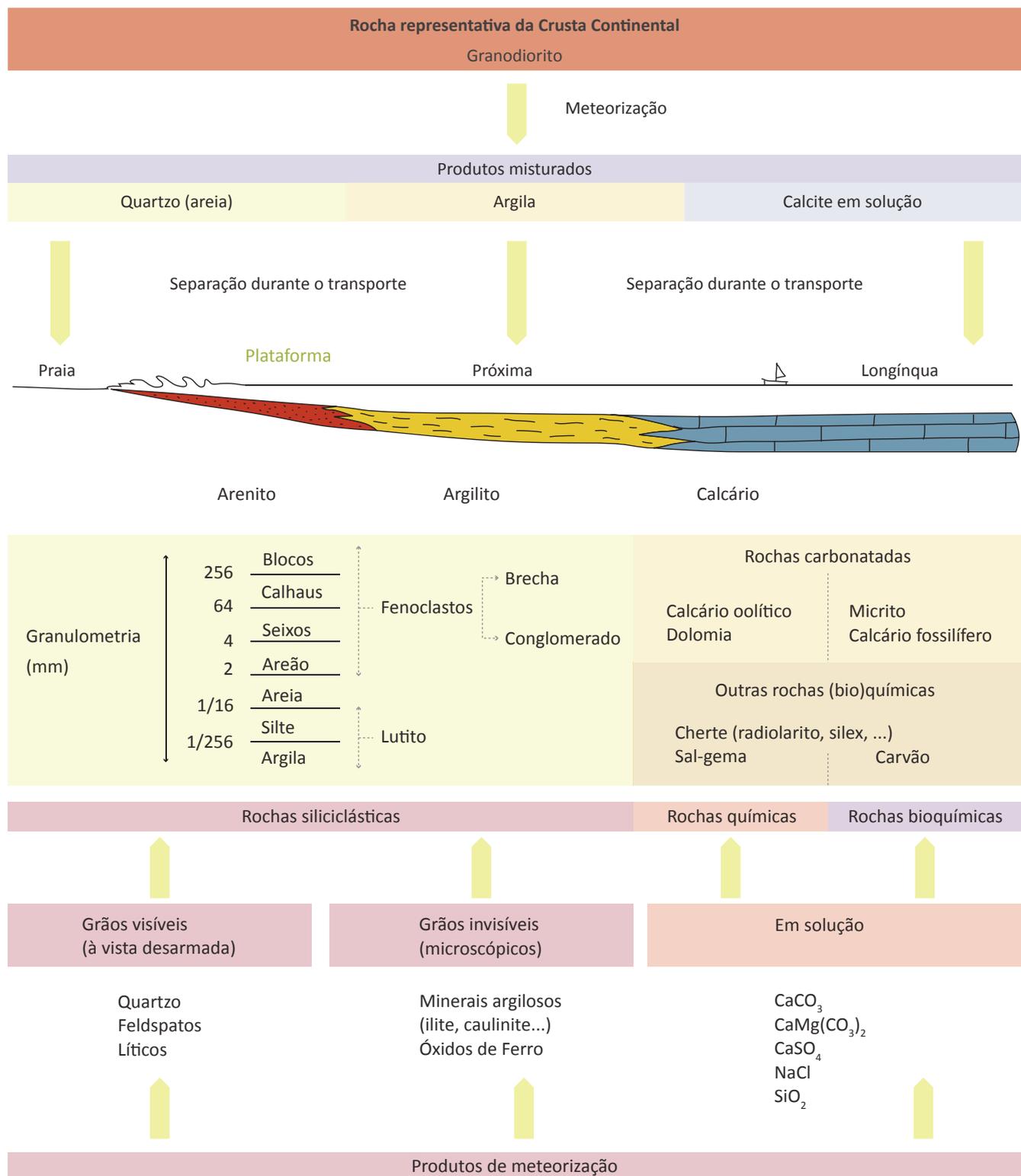


Figura 3.35. Modelo simplificado relativo à variedade das rochas sedimentares.

O termo cimento é usado pelos geólogos para exprimir a precipitação de sais a partir da água que embebe os poros dos sedimentos; não tem nada a ver com o cimento utilizado na construção civil.

Existe assim uma passagem gradual entre um sedimento não consolidado e uma rocha sedimentar mais ou menos endurecida.

Mas, afinal como separar então o sedimento da rocha sedimentar?

Para os geólogos é fácil: como as rochas são associações de minerais, os sedimentos não são mais do que rochas sedimentares não consolidadas!

Reconhecimento e classificação das rochas sedimentares



Figura 3.36. Conglomerados (Barreira de estrada perto de Baucau)

Rocha detrítica

Rocha sedimentar predominantemente constituída por minerais e/ou fragmentos rochosos que resultaram de processos de meteorização e erosão de rochas preexistentes.

Rocha carbonatada

Rocha formada, na maioria das vezes, através da precipitação química de carbonato de cálcio, em solução aquosa.



Figura 3.37. Calcário conchífero



Figura 3.38. Calcário oolítico.

? Reconhecimento e classificação serão sinónimos?

São coisas diferentes, mas não muito: só classificamos aquilo que conhecemos!

Vamos começar por escolher uma classificação simples, mas que permite compreender o assunto: de um lado as **rochas detríticas** (Figura 3.36) de natureza siliciosa (ou siliciclástica), do outro lado as rochas (bio)químicas de natureza carbonatada.

Por uma questão de simplicidade, chamaremos às primeiras rochas detríticas e às segundas **rochas carbonatadas** (Figuras 3.37 e 3.38). No seu conjunto, constituem a grande maioria das rochas sedimentares.

Rochas detríticas

Já sabemos que a classificação de uma rocha se baseia na textura e na composição.

A textura tem que ver, para além da calibragem, do arredondamento e da maturidade, com o tamanho dos grãos, que corresponde à granulometria.

A escala de Wentworth é uma escala de classificação granulométrica dos fragmentos de sedimentos detríticos, dos mais finos para os mais grosseiros (ver Figura 3.35). É internacionalmente utilizada e inclui as classes rudito (seixos e calhaus), arenito (areia) e lutito (silte ou limo e argila).

A composição é complexa em teoria mas simples na prática:

- “Complexa em teoria”, porque qualquer mineral ou fragmento de qualquer rocha podem entrar na composição de uma rocha sedimentar detrítica.
- “Simples na prática”, porque na grande maioria dos casos precisamos de fixar apenas 4 componentes: quartzo, feldspato, fragmentos rochosos ou líticos e matriz.

Rochas carbonatadas

No terreno, podemos classificar rapidamente uma rocha calcária de acordo com as suas características mais salientes, incluindo a cor. Por exemplo:

Rocha	Caraterísticas
Calcário conquífero	Formado por conchas e esqueletos de animais agregados por um cimento de natureza calcária.
Calcário oolítico	Formado por pequenas esferas calcárias de precipitação, com a dimensão de ovos de peixe (cerca de 1mm), com uma estrutura em camadas concêntricas posteriormente cimentadas por um material calcário.
Calcário ferruginoso	Calcário de cor amarelada ou vermelha devido à presença de ferro.
Calcário argiloso	Calcário com quantidades consideráveis de argila.

Calcários e dolomias – A dolomite é um mineral: carbonato de Ca e Mg. Digamos que é uma espécie de calcite magnesiana. Os calcários são formados essencialmente por calcite. As dolomias são formadas essencialmente por dolomite. Existem termos intermédios: calcários dolomíticos e dolomias calcárias. Nem sempre é fácil distinguir, à vista desarmada, a calcite da dolomite, se bem que a calcite faça efervescência com os ácidos muito mais facilmente do que a dolomite.

O caso das rochas mistas

As rochas sedimentares são muitas vezes verdadeiras misturas de componentes “físicos” (detríticos) e “químicos”. São então aquilo a que poderíamos chamar “rochas mistas”.

Já conhecemos os intermédios entre calcários e dolomias. Há outros casos idênticos. O mais frequente é talvez o das margas (mistura argila-calcário); podemos fixar desde já que as margas são muito importantes para a indústria do cimento! Mas também existem calcários gresosos, argilas gresosas, grés carbonatados, entre outros.

A palavra Grés na série Grés-Argila-Calcário não significa o mesmo que a palavra Grés na série Grés-Arcose-Grauvaque. Por que será?



Problematizar

Como distinguir rochas sedimentares em amostra de mão?

Atividade 3.11

- Solicita ao professor o seguinte material:
 - amostras de rochas (por exemplo, arenito, calcário conquífero, conglomerado, areia, ...);
 - lupa de bolso e régua;
 - um ácido diluído (ex.: sumo de limão).
- Identifica, em grupo, as amostras de rochas fornecidas. Para isso utiliza as orientações dadas na Figura 3.39 e a informação fornecida no manual.
- Faz no teu caderno um desenho legendado, à escala, de uma porção de amostra de um conglomerado.
- Partilha e discute, com os colegas de turma e professor, os resultados a que chegou o teu grupo.
- Formula uma questão que a identificação das amostras disponíveis te tenha levantado.

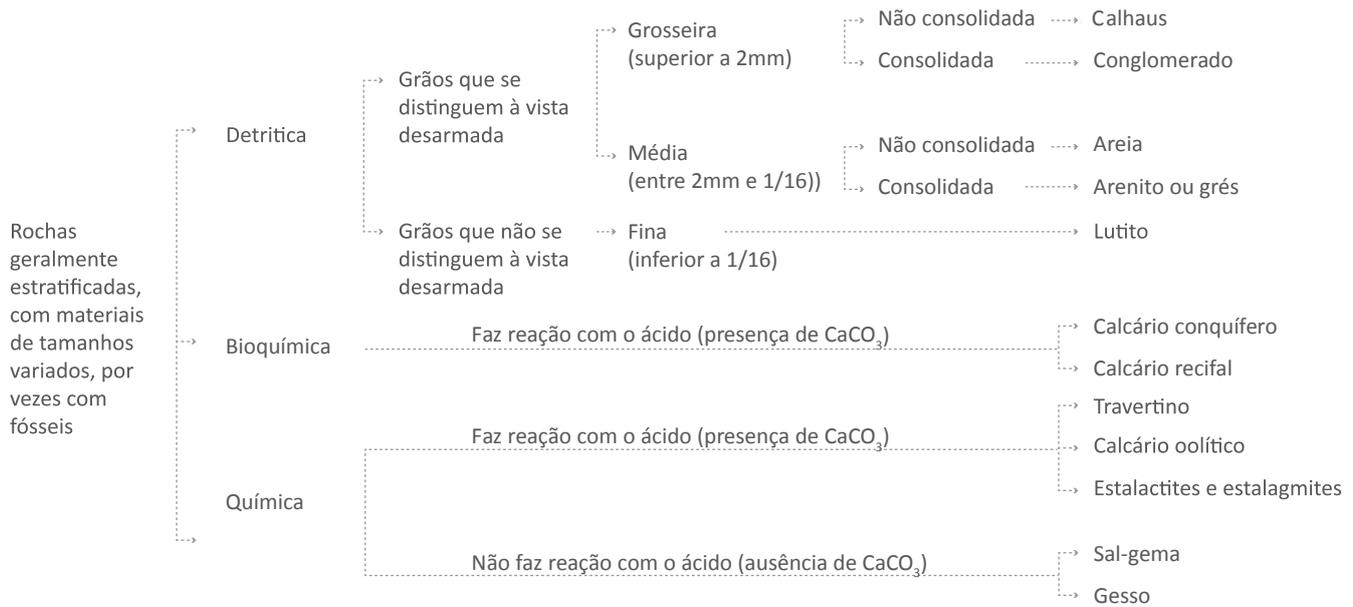


Figura 3.39. Orientações para identificação de rochas sedimentares.

Sedimentação e Tectónica de Placas

? Mas, afinal, haverá ambientes privilegiados para a formação de rochas sedimentares?

À semelhança do que já vimos em relação às rochas magmáticas, também as rochas sedimentares não se distribuem ao acaso na crosta terrestre, independentemente de se estenderem por uma enorme superfície como já anteriormente verificaste. Existem ambientes privilegiados para a formação dos diferentes tipos de rochas sedimentares. A Tectónica de Placas ajuda-nos a compreender a distribuição de algumas dessas rochas.

O perfil indicado na Figura 3.40 mostra a localização de algumas rochas sedimentares, em relação aos limites convergentes e divergentes.

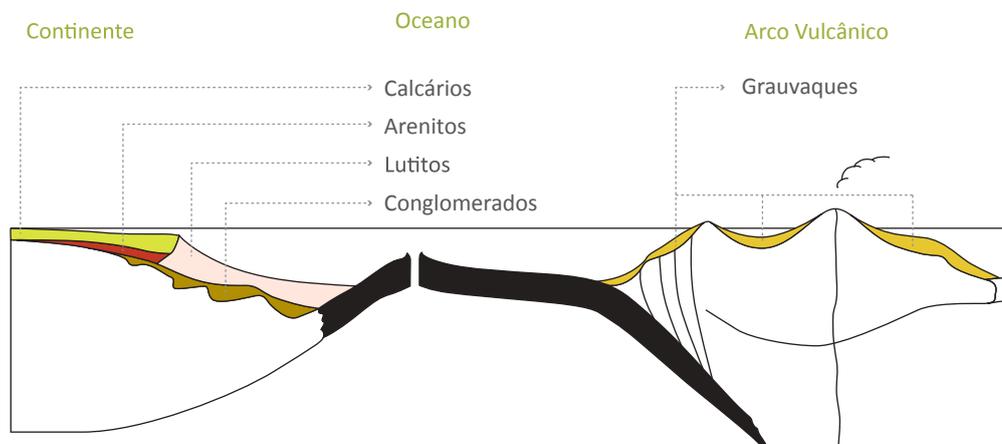


Figura 3.40. Localização de diferentes tipos de rochas sedimentares, no contexto da Tectónica de Placas.

É importante que compreendas bem os fundamentos da distribuição proposta na Figura anterior, a qual deve ser interpretada a uma escala global, tal como é próprio dos indicadores fornecidos pela teoria da Tectónica de Placas. A comparação com as indicações que podes retirar da Figura 3.40, e mesmo com as da Figura 3.35, ajudará a reconhecer, por exemplo, a localização própria de depósitos de praia ou de plataforma num contexto de uma teoria global.

Centrando de novo a atenção no território de Timor-Leste, faz sentido analisar como se distribuem aqui as rochas sedimentares. A Figura 3.41 indica a distribuição das rochas sedimentares no território timorense.



Figura 3.41. Distribuição de rochas sedimentares em Timor-Leste.

Síntese

- Na formação das rochas sedimentares intervêm processos como a meteorização e a erosão de rochas pré-existentes, o transporte de materiais, a sedimentação e a diagénese.
- Os sedimentos que entram na formação das rochas sedimentares, quanto à origem, podem ser de três tipos: detríticos, químicos e biogénicos.
- A meteorização pode ser física, podendo ser uma simples desagregação mecânica, ou química, implicando alterações químicas e mineralógicas.
- Os materiais transportados podem ser fragmentos sólidos, de diferentes dimensões, ou partículas em suspensão.
- Os materiais ao se depositarem formam, em regra, camadas horizontais e paralelas entre si, os estratos.
- A diagénese implica processos como a compactação e a cimentação, permitindo que os sedimentos evoluam para rochas sedimentares.
- As rochas sedimentares, quanto à origem dos sedimentos podem ser detríticas, bioquímicas e químicas.
- As rochas detríticas são formadas por fragmentos que tiveram origem noutras rochas. São classificadas, de acordo com o tamanho dos sedimentos que as constituem em conglomeráticas, areníticas e lutíticas.
- As rochas bioquímicas são constituídas por detritos orgânicos ou por materiais resultantes da ação de seres vivos.
- As rochas químicas são constituídas por materiais que resultaram da precipitação de substâncias dissolvidas na água.

Sítios Web úteis

<http://homepage.mac.com/tbo/geo/sed1.htm>

<http://www.geologyshop.co.uk/sedime~1.htm>

<http://aegsvz.esci.keele.ac.uk/earthsciencelearningideas>

<http://www.drpm-pe.gov.br>

Questões em aberto

As rochas magmáticas e metamórficas estão sujeitas às leis da termodinâmica que estudas na Física. Pelo contrário, as rochas sedimentares, sobretudo as detríticas, são tipicamente misturas de materiais heterogêneos com diversas proveniências. Tal facto coloca dificuldades a um sistema de classificação único, aplicável em qualquer circunstância.

Também as dimensões dos minerais constituintes das argilas são tão pequenas que provocam:

- a quase impossibilidade da sua identificação macroscópica;
- o aparecimento de propriedades específicas das rochas argilosas como, por exemplo; a sua expansibilidade, como verás no 12º ano.

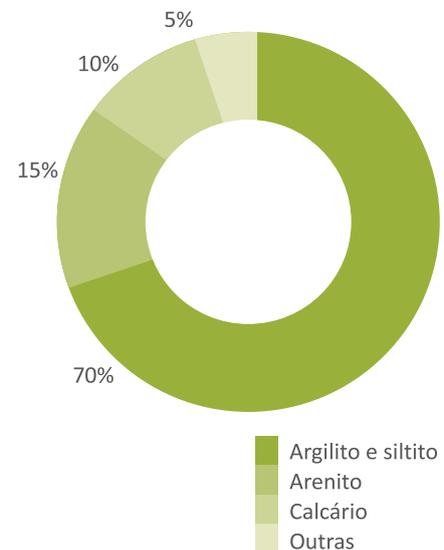
Avaliação

Para avaliares as aprendizagens que desenvolveste ao longo da temática sedimentação e rochas sedimentares, responde no caderno às questões que se seguem.

1. As rochas sedimentares são as rochas mais abundantes na superfície dos continentes e, também, as mais abundantes em Timor-Leste. O gráfico representa a distribuição percentual de diferentes tipos de rochas sedimentares. Com base no gráfico e nos conhecimentos que já possuís sobre rochas sedimentares, responde à questão que se segue.

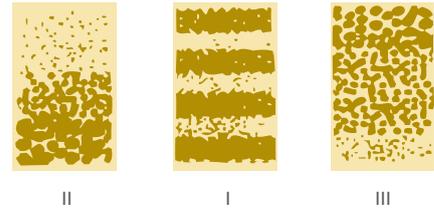
Das afirmações que se apresentam em seguida, transcreve para o caderno as que considerares verdadeiras.

- (A) argilitos e siltitos são as rochas sedimentares mais frequentes.
- (B) os calcários podem ser de origem biogénica ou de origem química.
- (C) os arenitos e os siltitos são rochas sedimentares de origem química.
- (D) as rochas sedimentares detríticas são as menos abundantes.
- (E) existem apenas 5% de rochas sedimentares detríticas.
- (F) a formação das areias é uma etapa de formação de arenitos.



Abundância de rochas sedimentares na superfície dos continentes

2. A ordem de deposição dos detritos é condicionada por diversos fatores, nomeadamente, pela energia do agente transportador. As três colunas representam sedimentos depositados em diferentes locais.



2.1. Transcreve para o caderno a opção que completa corretamente as afirmações seguintes:

2.1.1. O esquema que melhor representa o depósito feito por um rio em que há um decréscimo contínuo da velocidade é:

- (A) I (B) II (C) III

2.1.2. A coluna que mais claramente representa que houve mudanças cíclicas do meio é:

- (A) I (B) II (C) III

2.1.3. Se em III os materiais de maiores dimensões forem arredondados com cerca de 10 mm de diâmetro, os intermédios tiverem cerca de 0,5 mm e os mais finos menos de 1/256 mm, após a diagénese, esses sedimentos vão originar, respetivamente:

- (A) conglomerados, argilitos e arenitos.
(B) arenitos, conglomerados e argilitos.
(C) conglomerados, arenitos e argilitos.

3. Nos tetos das grutas calcárias formam-se estalactites que são constituídas por calcite.

3.1. Refere uma propriedade química que poderias ensaiar no laboratório, no sentido de comprovar a composição mineralógica da estalactite.

3.2. Transcreve, para o caderno, a opção que completa corretamente a afirmação “A Estalactite é uma formação que quanto à origem deve ser considerada:

- (A) biogénica (C) evaporítica
(B) detrítica (D) quimiogénica

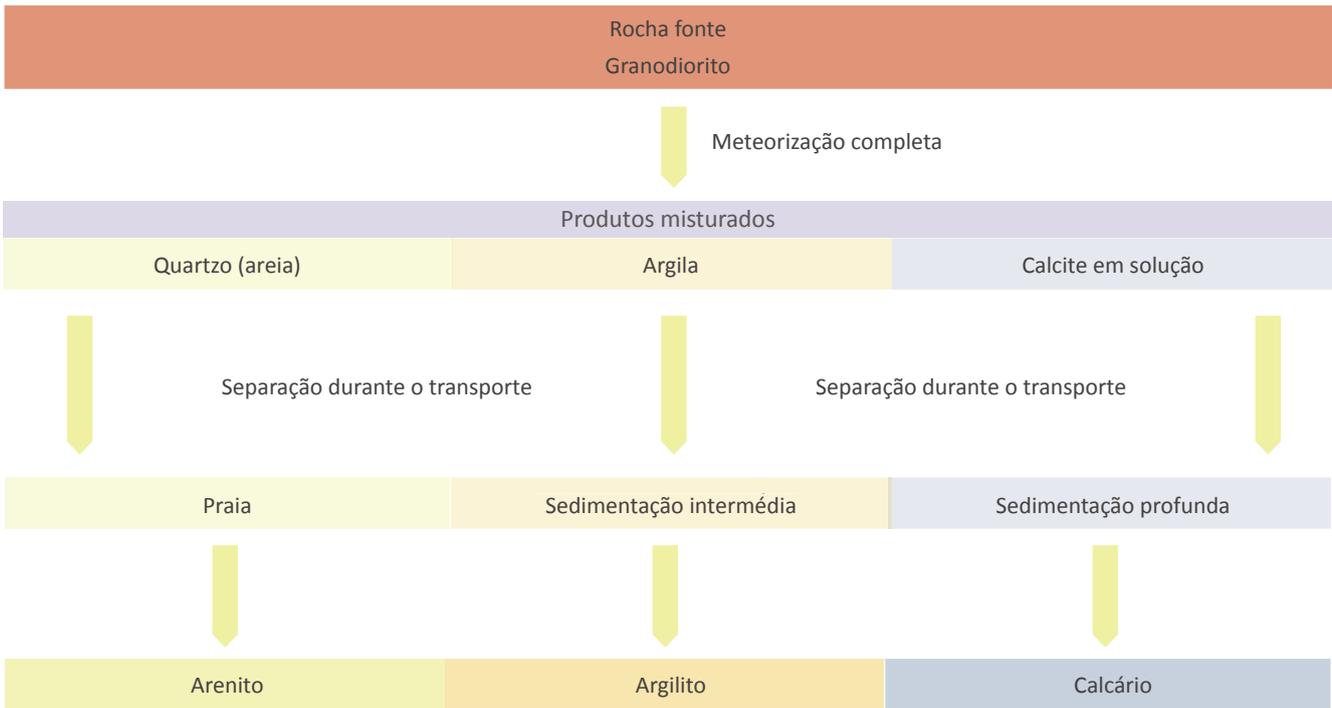
4. Analisa com atenção o esquema da Figura da página seguinte.

4.1. Das rochas referidas na Figura, indica uma rocha detrítica e uma carbonatada. Fundamenta a tua resposta.

4.2. Elabora um texto em que contes a história de cada uma das rochas contidas no esquema (arenito, argilito e calcário), desde a alteração do granodiorito até à formação da rocha.

5. Identifica uma rocha sedimentar que se localize perto da tua escola e faz uma descrição da sua possível génese.

6. Formula uma questão que o estudo das rochas sedimentares te tenha levantado.



3.2.3 Metamorfismo e rochas metamórficas

As rochas metamórficas são rochas que resultaram da transformação mineralógica e textural de rochas pré-existentes – magmáticas, sedimentares e mesmo metamórficas. Nesta secção, vais estudar os fatores e processos que condicionaram essas transformações, integradas no ciclo das rochas. Aprenderás a distinguir diferentes rochas metamórficas, a relacionar as características que apresentam com os processos envolvidos na sua formação, bem como aqueles que lhes deram origem. A sua integração no ciclo das rochas vai ajudar-te a relacioná-las com as outras já estudadas.



Como se formam as rochas metamórficas?

Como distinguir uma rocha metamórfica de outro tipo de rochas?

Que critérios podemos usar para as classificar?



Conceitos-chave

- Anatexia
- Auréola metamórfica
- Fácies metamórfica
- Fatores de metamorfismo
- Foliação
- Lineação
- Metamorfismo
- Metamorfismo regional
- Metamorfismo de contacto
- Migmatito
- Ultrametamorfismo
- Xistosidade



Metas de aprendizagem

- Relaciona a atuação dos diferentes fatores de metamorfismo com mudanças mineralógicas e texturais em rochas pré-existentes.
- Distingue metamorfismo regional de metamorfismo de contacto.
- Relaciona as principais texturas das rochas metamórficas com o processo metamórfico que as originou.
- Identifica, em amostra de mão, diferentes tipos de rochas metamórficas, localizando-as no território timorense.
- Distingue as rochas e minerais em sequências: argilosa, carbonatada e basáltica.
- Relaciona o ultrametamorfismo e a anatexia com a formação de granitos.
- Integra as rochas metamórficas no ciclo das rochas.
- Estabelece a relação entre diferentes contextos tectónicos e processos metamórficos.



Por que existem diferentes rochas metamórficas?

Metamorfismo

Processo da dinâmica interna através do qual qualquer tipo de rocha experimenta um conjunto de transformações mineralógicas e estruturais, mantendo-se no estado sólido.

Uma rocha metamórfica forma-se quando o calor e/ou a pressão obrigam uma rocha qualquer a sofrer transformações – na composição e na textura – sem chegar a fundir. Se fundisse passaria a ser uma rocha ígnea ou magmática. Tem sentido sublinhar que as condições de gênese da maioria das rochas magmáticas são mais próximas das que caracterizam as rochas metamórficas, quando comparadas com as que são típicas das rochas sedimentares. Há dois aspetos que importa reter.

- O limite entre a diagénese (deves recordar o que estudaste nas rochas sedimentares) e o **metamorfismo** tem algo de convencional.
- O tempo (duração) é quase sempre determinante.

A Figura 3.42 chama a atenção para alguns dos fatores que podem condicionar a formação das rochas metamórficas, isto é a composição das rochas pré-existentes, a pressão, a temperatura e o tempo.

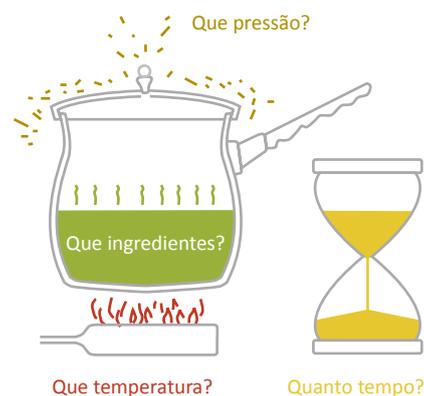


Figura 3.42. Alguns dos fatores que condicionam a formação das rochas metamórficas.

Fatores de metamorfismo

Agentes responsáveis pela transformação das rochas pre-existentes em rochas metamórficas, sobretudo pressão, temperatura e tempo.

Metamorfismo regional

Metamorfismo que afeta grandes extensões da crosta e está, em geral, associado à gênese de cadeias montanhosas.

Metamorfismo de contacto

Metamorfismo experimentado pelas rochas adjacentes a uma intrusão magmática.

Tipos e fatores do metamorfismo

Os geólogos costumam opor o **metamorfismo regional**, no qual a pressão e temperatura atuam ao mesmo tempo, ao **metamorfismo de contacto**, em que o calor é determinante. Mas há quem considere útil distinguir uma terceira categoria, designada por metamorfismo dinâmico – aqui a pressão é determinante. Como este último está muito ligado à deformação das rochas, que estudaremos mais adiante, na Unidade Temática 4, deixá-lo-emos para já um pouco de lado.

Metamorfismo regional e metamorfismo de contacto

Metamorfismo regional – Como o próprio nome indica, pressupõe uma grande extensão de rochas metamorfizadas: a região que se prolonga para sul e leste de Díli é um bom exemplo.

Este tipo de metamorfismo ocorre sobretudo nas partes profundas das cadeias montanhosas. Por vezes as rochas afetadas pelo metamorfismo regional afloram, isto é, estão visíveis à superfície do terreno. É o caso de Díli. Isto significa que se trata:

- de uma cadeia montanhosa antiga, onde a erosão teve tempo de desgastar as rochas que se encontravam por cima, aplanando o relevo;
- de cadeias muito jovens (como é o caso de Timor), onde as rochas profundas foram desenterradas ao longo de grandes fraturas, como veremos um pouco mais adiante.

A Figura 3.43 mostra um afloramento de rochas metamórficas em território timorense, sendo visíveis algumas características deste tipo de rochas que deves procurar identificar.



Figura 3.43. Afloramento com rochas metamórficas (arredores da cidade de Díli).

Metamorfismo de contacto – Está associado à atividade magmática, ocorrendo tipicamente junto ao contacto de uma intrusão (ex.: dique, plutonito), mas também na base de uma escoada vulcânica, sobretudo basáltica.

O calor libertado pela intrusão como que “assa” (metamorfiza) as rochas encaixantes junto aos bordos. A zona afetada chama-se **auréola metamórfica** (ver figura 3.47) e pode ter uma espessura muito variável, de acordo com o volume do magma (ou seja, da intrusão) e a rapidez com que o calor é dissipado (ou seja, com as características do material encaixante).

Auréola metamórfica

Zona de rochas metamórficas formadas no contacto de uma intrusão magmática com as rochas encaixantes.



Mas, afinal, por que é que o metamorfismo ocorre?

Pressão e Temperatura: as fácies metamórficas

Ao observarmos as rochas metamórficas da região de Díli, por exemplo, surgem-nos questões do género: o que provocou o metamorfismo, qual a sua intensidade e como é que ele variou no espaço e no tempo? Para responder a estas questões

Fácies metamórfica

Conjunto de rochas metamórficas que se formaram sob idênticas condições de P-T, independentemente da rocha original.



Figura 3.44. Quartzito



Figura 3.45. Anfibolito



Figura 3.46. Mármore

teremos de utilizar um diagrama Pressão-Temperatura (ou simplesmente diagrama P-T) e o conceito de **fácies metamórfica**.

As condições P-T são o mais importante nesta definição. A expressão fácies metamórfica não designa uma rocha específica. Assim, por exemplo, uma argila, um basalto e um calcário podem, quando metamorfizados, pertencer à mesma fácies anfibolítica. Mas têm aspetos e composição completamente diferentes: o arenito torna-se **quartzito**, o basalto torna-se **anfibolito** e o calcário torna-se **mármore**, os quais podem ser vistos nas Figuras 3.44 a 3.46.

Pode existir (e existe mesmo!) alguma confusão entre “fácies metamórficas” e “rochas metamórficas”. Exemplo: as fácies “xistos verdes”, “anfibolítica” e “granulítica” não significam o mesmo que as rochas “xisto verde”, “anfibolito” e “granulito”. Podes interrogar-te. Entenderás isto mais adiante; mas convém que, desde já, estejas prevenido.

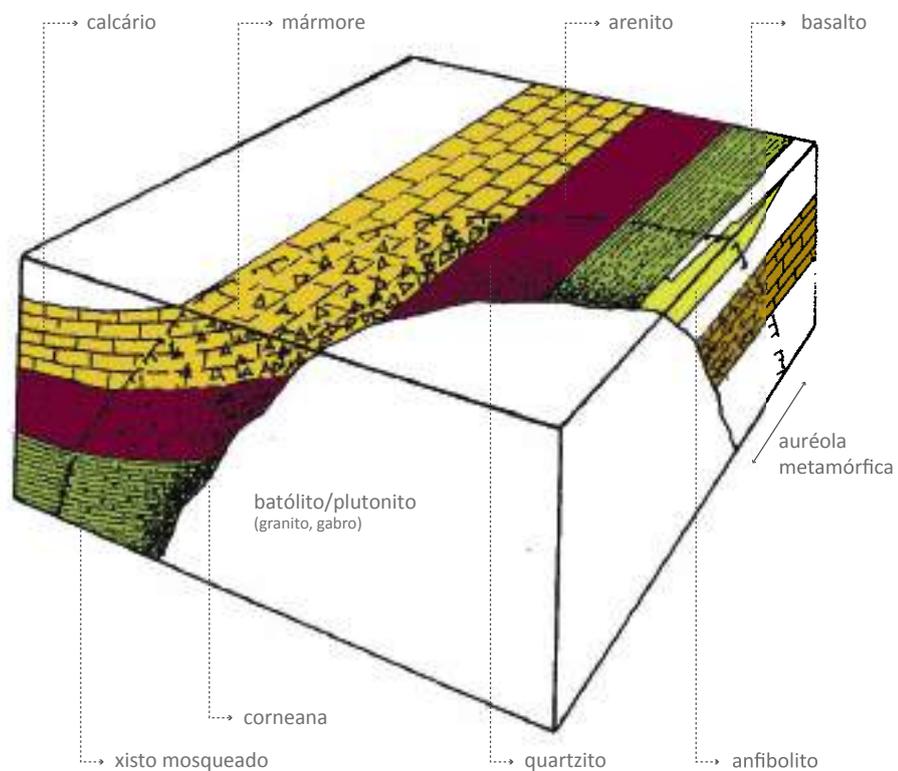


Figura 3.47. Exemplos de rochas metamórficas associadas à auréola de metamorfismo.

Na Figura 3.48 estão representadas as condições de Pressão e Temperatura em que se formam as diferentes fácies metamórficas.

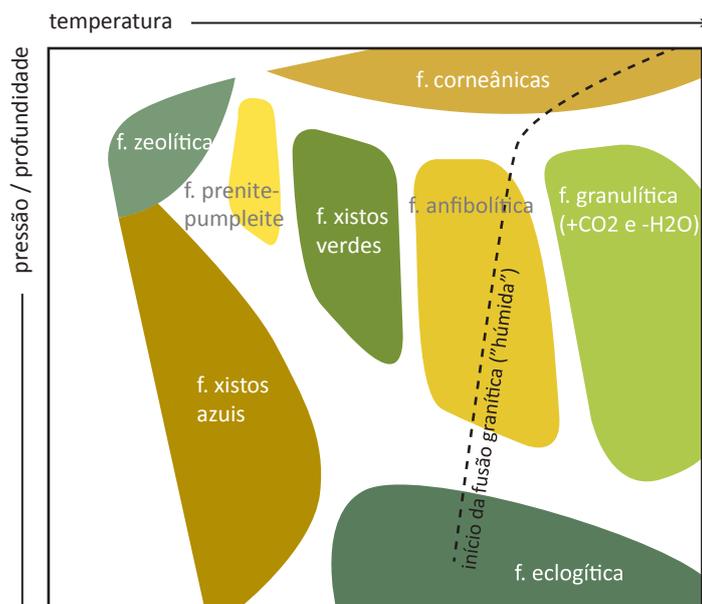


Figura 3.48. Domínios de pressão e de temperatura das principais fácies de metamorfismo.

- Fácies dos xistos verdes, fácies anfíbolítica e fácies granulítica (aumento progressivo P-T) – Representantes típicos do metamorfismo regional.
- Fácies dos xistos azuis (P elevada, T baixa) – Fácies algo peculiar do metamorfismo regional.
- Fácies eclogítica (T elevada, P muito elevada) – Fácies rara em afloramento.
- Fácies corneânica ou de contacto (T elevada, P baixa) – Típica do metamorfismo de contacto.
- Fácies zeolítica e fácies prenite-pumpleite (T muito baixa, P muito baixa) – Indica metamorfismo muito fraco.



Problematizar

Como explicar que rochas com diferente composição mineralógica possam pertencer à mesma fácies metamórfica?

Atividade 3.12

Tendo em conta a informação já fornecida sobre rochas metamórficas e a contida nas Figuras 3.47 e 3.48, responde às questões que se seguem.

1. O mármore e o quartzito podem pertencer à mesma fácies metamórfica. Fundamenta a afirmação.
2. Distingue a fácies de xistos verdes da fácies anfíbolítica.
3. A clorite é um mineral caraterístico de metamorfismo de baixo grau. Discute a probabilidade de o podermos encontrar em rochas representativas de fácies anfíbolítica.
4. Partilha e discute com os colegas de turma e professor o trabalho que realizaste.

2. Reconhecimento e classificação das rochas metamórficas

Tal como para as rochas magmáticas e sedimentares, há vários caminhos que nos levam a identificar (e classificar) as rochas metamórficas; mas não existe, para estas últimas, uma classificação tão elaborada como para as rochas magmáticas e sedimentares. Ou melhor, até talvez exista, mas só para os especialistas, uma vez que exige muitos exames complementares como, por exemplo, estudo ao microscópio e ajuda de análises químicas.

? Mas quais são as características das rochas metamórficas?

Xistosidade

Aspetto de uma rocha metamórfica em camadas ou lâminas, paralelas ou curvas, segundo superfícies de maior debilidade que, em regra, não coincidem com a superfície de estratificação.

Foliação

Aspetto textural característico de rochas formadas através de processos metamórficos, resultante do alinhamento preferencial de certos minerais em bandas mais grosseiras do que a xistosidade.

Lineação

Qualquer estrutura linear pertencente a uma rocha.

Uma das características mais visíveis destas rochas é a **xistosidade**. O que é a xistosidade? É o aspeto finamente bandado (lembra as folhas de um livro) que resulta da disposição planar dos minerais recristalizados sob pressão. Por outras palavras, funciona ao mesmo tempo como textura e estrutura no que diz respeito às rochas metamórficas.

Sob condições de pressão e temperatura mais elevadas, formam-se novos minerais que se orientam segundo os planos de xistosidade, mascarando a estratificação. Estes minerais dispõem-se em bandas alternadas claras e escuras, que conferem às rochas um aspeto foliado – **foliação**. Mas há quem considere a xistosidade como uma variedade de foliação.

Quando estudaste as rochas sedimentares aprendeste o conceito de estratificação. Poderá, agora, dizer-se que a xistosidade está para as rochas metamórficas como a estratificação está para as rochas sedimentares. Isto significa também que nem todas as rochas metamórficas mostram xistosidade.

Na Figura 3.49 estão representados, de forma esquemática, estruturas características das rochas metamórficas, a xistosidade e a **lineação** de interseção e de alongamento.

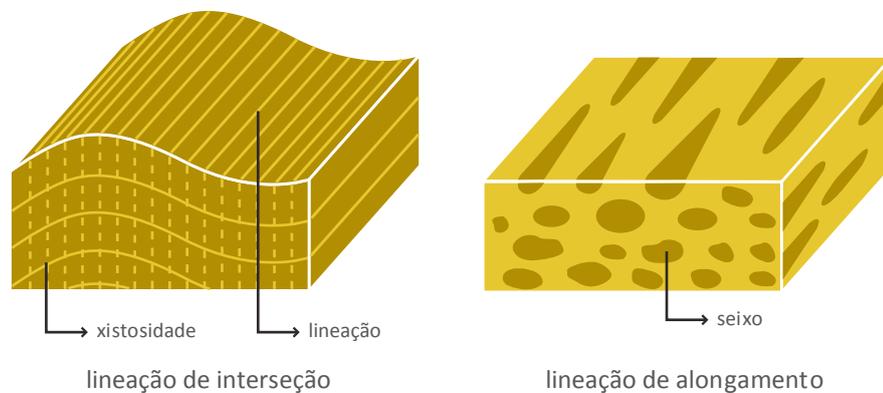


Figura 3.49. Estruturas características das rochas metamórficas – xistosidade e lineação.

Tendo anteriormente sido referenciados dois grandes tipos de metamorfismo, faz sentido perguntar: a xistosidade será mais típica do metamorfismo regional ou do metamorfismo de contacto?

Pensa que no metamorfismo de contacto a temperatura é muito elevada e tem uma enorme relevância motivando uma reorganização do material um pouco ao acaso.

A melhor maneira de identificar, e sobretudo entender, no campo, as rochas metamórficas será talvez comparar uma rocha não metamórfica com os seus equivalentes metamorfizados (sequências metamórficas). É também uma boa oportunidade para fixarmos os minerais mais característicos do metamorfismo. E convém ter sempre presente o quadro P-T das fácies metamórficas.

Sequência arenosa: as rochas e os minerais

Os arenitos têm sempre uma grande proporção de grãos de quartzo. Com o aumento de T e/ou P (tanto no metamorfismo regional como no de contacto), os grãos de quartzo tendem a recristalizar num mosaico muito compacto de cristais de quartzo. A rocha metamórfica resultante é o quartzito (Figura 3.50), muito dura e resistente à erosão.

Não é fácil reconhecer a intensidade do metamorfismo que originou um dado quartzito, a não ser quando as camadas arenosas alternavam com camadas argilosas. Neste caso, é o metamorfismo das argilas (ver sequência argilosa) que nos informa sobre o metamorfismo dos arenitos.

Sequência argilosa: as rochas e os minerais

Os sedimentos, bem como as rochas sedimentares consolidadas, de grão muito fino (silte e argila) são formados à base de minerais argilosos, sobretudo no caso da argila. Recordemos que os minerais argilosos são silicatos complexos contendo Al, Mg, Fe, Ca, Na e K em quantidades variáveis. Com o aumento de T e P, estes elementos combinam-se de várias maneiras e em diferentes proporções. O resultado é a produção de novos minerais e novos tipos de rochas.

No metamorfismo de contacto, a auréola metamórfica é formada por corneanas mais próximo da intrusão e por xistos mosqueados mais longe da intrusão. As corneanas são rochas muito duras, em regra escuras, de grão muito fino e aspeto homogéneo à vista desarmada. As “moscas” são minerais formados pelo metamorfismo (ex.: biotite, andaluzite, cordierite).

No metamorfismo regional, com o aumento do metamorfismo (e do tamanho dos minerais) passamos dos filádios (= xistos argilosos) e xistos ardosíferos aos micaxistos (com granada ou andaluzite ou estauroilito ou distena ou silimanite, já visíveis à vista desarmada) e destes aos gnaisses (Figura 3.51), com silimanite e mesmo ortoclase. Dos minerais referidos, 3 (andaluzite, distena e silimanite) são fundamentais para entendermos rapidamente (no campo) a evolução do metamorfismo.



Figura 3.50. Sequência arenosa.



Figura 3.51. Sequência argilosa.



Figura 3.52. Sequência carbonatada.

Sequência carbonatada: as rochas e os minerais

As rochas calcárias podem formar-se de várias maneiras, mas em todas elas o mineral calcite é dominante. Tanto o metamorfismo de contacto como o metamorfismo regional provocam a recristalização da calcite com produção de uma rocha chamada mármore (Figura 3.52).

Os calcários “puros” (contendo apenas calcite) dão origem aos mármore brancos.

Os calcários “impuros” (contendo, por exemplo, minerais argilosos) dão origem a mármore com manchas ou faixas de cores variadas e minerais típicos (clorites, anfíbolos, granadas, ...).

? Onde é que é comum observar-se tal tipo de rochas?

Alguns calcários muito ricos em argila (margas) podem originar, por metamorfismo, rochas muito ricas em anfíbolos (anfíbolitos). Mais do que a calcite, são estes minerais silicatados que nos vão indicar a intensidade do metamorfismo sofrido pelos calcários.

Sequência basáltica: as rochas e os minerais

Os basaltos são, como as argilas, muito sensíveis às variações do metamorfismo regional.

A sequência basáltica passa dos xistos verdes (primeiro com clorite, depois com actinolite e epidoto) aos anfíbolitos (com hornblenda verde e depois castanha) e aos gnaisse anfíbolíticos (com anfíbolos e piroxenas).

Fixemos que a rocha metamórfica chamada anfíbolito pode resultar tanto de um calcário argiloso como de um basalto. Nem sempre é fácil decidir qual a origem de um anfíbolito.

? Que razões podem permitir que tal situação aconteça? E como é que a indeterminação, apesar das dificuldades, poderá ser resolvida?

Recorda que em qualquer das situações a rocha mãe é pobre em sílica. Não esqueças que é possível proceder à análise da composição química e mesmo mineralógica e que, por vezes, podem sobreviver como que “reliquias” das rochas originais.

A realização da Atividade 3.13 pode ajudar-te a reconhecer que existe uma grande diversidade de rochas metamórficas e que as características que apresentam estão relacionadas com as condições em que se formaram.

A classificação das rochas metamórficas é bastante mais complexa que a classificação das rochas anteriormente estudadas – magmáticas e sedimentares. Esta maior complexidade resulta, em parte, do facto de uma mesma rocha inicial poder dar origem a rochas muito variadas.



Problematizar

Como distinguir as diferentes sequências metamórficas?

Atividade 3.13

Tendo como referência o ambiente onde se encontra a tua escola e a informação fornecida sobre as diferentes sequências metamórficas, realiza as seguintes tarefas:

1. Identifica, se houver, uma rocha metamórfica que exista perto da escola.
2. Elabora, no caderno, um quadro síntese onde, para cada uma das sequências conste:
 - 2.1. a rocha original;
 - 2.2. a sequência metamórfica, à medida que aumenta o grau de metamorfismo;
 - 2.3. os minerais que podem ser encontrados em cada uma das rochas referidas, de acordo com a informação disponível.
3. Para a sequência basáltica, identifica minerais que podem ser associados a metamorfismo de grau elevado.
4. A xistosidade é bem evidente nos primeiros elementos da sequência argilosa (ardósia, filádios, micaxistos). Relaciona a presença de xistosidade com as condições de P e T em que essas rochas se formaram.
5. Partilha e discute com os colegas de turma e professor as ideias-chave que resultaram do trabalho realizado, dando particular atenção à sequência que integra a rocha identificada em 1.

Na Tabela 3.6 faz-se uma breve descrição dos principais tipos de rochas metamórficas. O primeiro critério aqui usado foi a presença ou ausência de foliação, podendo questionares-te por que terá sido este o selecionado.

Para conheceres melhor algumas rochas metamórficas e distinguires as rochas foliadas das não foliadas, propomos-te que realizes a Atividade 3.14.

Tabela 3.6. Descrição simplificada dos principais tipos de rochas metamórficas.

	Descrição	Designação
Rochas foliadas	Rochas de granularidade muito fina, de cor geralmente negra, com xistosidade evidente. Divide-se facilmente em placas delgadas muito regulares. Estão associadas a um metamorfismo de grau muito baixo.	Ardósias
	Rochas com xistosidade acentuada, de granularidade muito fina, ricas em minerais micáceos, pelo que exibem brilho acetinado. Podem apresentar porfiroblastos (andalusite, estauroлите, granada). São geralmente acinzentados, esverdeados, avermelhados, arroxeados, etc. Estão associadas a um grau de metamorfismo mais elevado que as ardósias.	Filádios ou Xistos luzentes
	Rocha clara com foliação bem marcada por bandas claras e escuras, respetivamente formadas por quartzo e feldspato (raro) alternando com leitos biotíticos. São frequentes os micaxistos com granada. Correspondem a um grau de metamorfismo médio a elevado.	Micaxistos
	Rochas com foliação marcada pela presença de bandas, quartzo-feldspáticas, claras alternando com leitos escuros, geralmente micáceos ou anfibólicos. Correspondem a um metamorfismo de grau elevado.	Gnaiss
	Rocha de aspeto fibroso de cor verde escura, essencialmente formada por hornblenda verde e plagioclase. Por vezes a foliação é pouco evidente. Correspondem a um metamorfismo de grau médio a elevado.	Anfibolito
Rochas não foliadas	Rochas geralmente calcíticas que sofreram recristalização. Textura granoblástica com granularidade variável. Faz efervescência com o ácido clorídrico.	Mármore
	Rochas geralmente escuras, macias e densas, grão muito fino. Podem ter cristais de estauroлите, granada e andalusite.	Corneanas pelíticas
	Rochas compactas, muito duras, granoblásticas, predominantemente formadas por quartzo recristalizado.	Quartzitos
	Rochas com textura granoblástica, pobre em micas e caracterizada pela presença de silimanite ou distena, granadas e piroxenas. Estão associadas a um elevado grau de metamorfismo.	Granulitos



Problematizar

Como identificar rochas metamórficas, em laboratório?

Atividade 3.14

- Solicita ao professor o seguinte material:
 - amostras de rochas metamórficas (ex.: gnaiss, filito, ardósia, micaxisto, mármore e quartzito);
 - lupa binocular;
 - ácido diluído (ex. sumo de limão).
- Compara as amostras fornecidas pelo professor, tendo em conta as seguintes características:
 - existência/ausência de foliação;
 - tamanho do grão;
 - reação aos ácidos.
- Regista os dados numa tabela.
- Identifica, em grupo, as amostras de rochas que estão sobre a tua mesa de trabalho, utilizando os dados fornecidos pela Tabela 3.6.
- Pensa na zona onde está instalada a tua escola e nas construções nela efetuadas. Relaciona matérias utilizadas na construção com rochas que acabaste de estudar.
- Partilha e discute, com os colegas de turma e professor, os resultados a que chegou o teu grupo.

Ultrametamorfismo e anatexia: o “regresso” dos granitos



Qual a razão para falar aqui em “regresso dos granitos”?

É que, em condições de metamorfismo muito forte, por exemplo, quando a temperatura ultrapassa os 600 °C, alguns minerais começam a fundir. Esta fusão parcial chama-se **anatexia**, e os líquidos magmáticos resultantes tendem para uma composição granítica.

Umhas vezes estes líquidos estão muito localizados e sobretudo em volumes relativamente baixos. Por arrefecimento, vão originar uma rocha que se apresenta como uma mistura de material granítico e de material metamórfico: são os chamados **migmatitos**.

Outras vezes, aqueles líquidos podem acumular-se em volumes consideráveis, o que vai dar origem a plutonitos, e mesmo a batólitos, de granitos geralmente ricos em moscovite (mica branca): são os granitos de anatexia.



Atenção! Quando os geólogos falam de “líquidos magmáticos”, estão a pensar mais numa mistura complexa e variada do que, por exemplo, na água das fontes.

O ambiente metamórfico está relacionado com os processos internos do ciclo das rochas; têm como limite mínimo as condições que caracterizam o ambiente sedimentar e como limite máximo as que definem o ambiente magmático. Compreenderás, assim, que pode por vezes tornar-se difícil separar os diferentes ambientes.

As rochas metamórficas no contexto timorense

As rochas metamórficas, embora não sejam as mais frequentes à superfície do território timorense, são sem dúvida, as que dominam nas regiões de Díli, Manatuto e Lolotoi. No mapa da Figura 3.53 estão assinaladas as zonas do território de Timor-Leste, onde as rochas metamórficas são as mais frequentes.

Ultrametamorfismo

Metamorfismo que ocorre em condições extremas de pressão e temperatura.

Anatexia

Fusão parcial ou total de uma rocha da crosta por ultrametamorfismo.

Migmatitos

Mistura de rocha magmática e metamórfica produzida por fusão incompleta de materiais na crosta.



Figura 3.53. Localização das rochas metamórficas no território timorense.

Metamorfismo e Tectónica de Placas

As rochas metamórficas ocorrem com grande abundância ao nível da crosta continental e estão particularmente ligadas às grandes cadeias montanhosas, caracterizadas por metamorfismo regional, onde ocorrem frequentemente associadas a rochas graníticas (ver Figura 3.54).

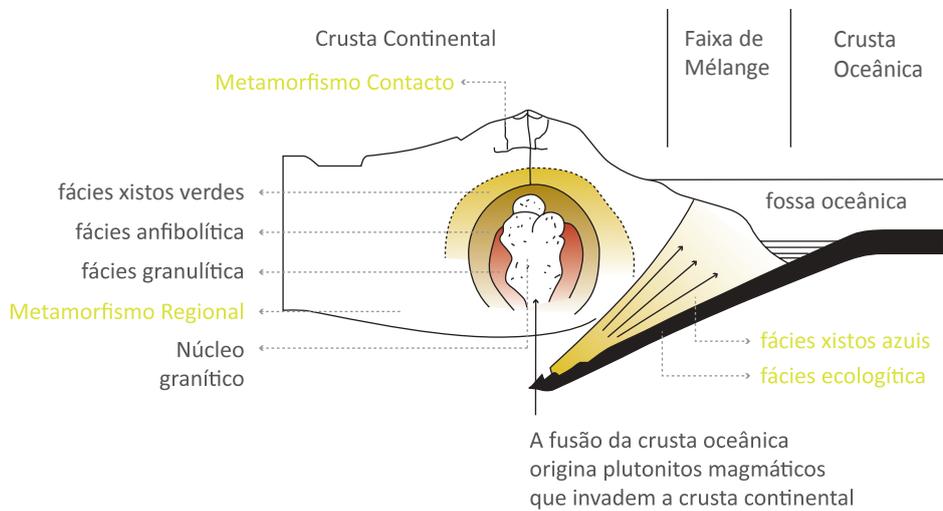


Figura 3.54. As rochas metamórficas no contexto da Tectónica de Placas.

As grandes cadeias montanhosas são um contexto tectónico em que podem ocorrer altas temperaturas e as pressões podem variar entre moderadas e altas, o que permite a existência de diferentes fácies metamórficas.

As rochas de Timor-Leste e o ciclo das rochas

Como te pudeste aperceber, as rochas que caracterizam o território timorense não se distribuem de igual modo à superfície. Existem zonas em que dominam as rochas sedimentares, outras em que são abundantes as rochas metamórficas e outras, ainda, em que as rochas que têm maior expressão são as magmáticas.

No sentido de conheceres melhor as rochas que caracterizam a zona onde está instalada a tua escola, realiza, com os teus colegas de turma e professor, as tarefas propostas na Atividade 3.15.



Problematizar

Que rochas posso encontrar perto da minha escola?

Como as posso integrar no ciclo das rochas?

Atividade 3.15

Vais realizar uma saída de campo a uma zona perto da escola. As tarefas que se apresentam em seguida devem ser realizadas em grupo.

1. Antes da saída:
 - 1.1. Solicita ao teu professor o seguinte material:
 - a. martelo e bússola;
 - b. lupa e canivete;
 - c. régua e sacos de plástico;
 - d. ácido diluído (ex. sumo de limão);
 - e. marcadores e máquina fotográfica.
 - 1.2. Discute, com o professor, os objetivos da saída e a metodologia a adotar.
2. Durante a saída:
 - 2.1. localiza, com a ajuda da bússola, a área de estudo em relação à escola;
 - 2.2. descreve morfologicamente a paisagem;
 - 2.3. observa o afloramento e identifica as rochas, seguindo a metodologia que usaste em aulas anteriores na identificação de diferentes tipos de rochas;
 - 2.4. recolhe amostras de rochas, para levas para a escola. Não te esqueças que deves preservar a área de estudo;
 - 2.5. faz o registo fotográfico da área visitada;
 - 2.6. regista as dúvidas e questões que a saída te tenha suscitado;
 - 2.7. elabora um pequeno texto em que caracterizes a área de estudo.
3. Depois da saída:
 - 3.1. partilha, com a turma e professor, o texto que o teu grupo elaborou sobre a área de estudo;
 - 3.2. elabora um esquema (por exemplo, em cartolina) que represente o ciclo das rochas (semelhante ao da figura 3.9) e coloca sobre ele as amostras que recolheste no campo;
 - 3.3. partilha e discute na turma o ciclo que elaboraste, partindo da posição ocupada pelas rochas que recolheste.

Síntese

- A dinâmica interna da Terra pode originar processos que conduzem à transformação de rochas pré-existentes, no estado sólido, e ao aparecimento de rochas metamórficas.
- As transformações que ocorrem nas rochas, no âmbito do metamorfismo, dependem da intensidade de fatores como a pressão e a temperatura, assim como do tempo de atuação de cada um desses fatores e da natureza da rocha original.
- Em certos contextos tectónicos, devido à ação de fatores de metamorfismo, como a pressão e a temperatura, podem ocorrer processos metamórficos, que podem ser de metamorfismo regional ou de contacto.
- O metamorfismo regional abrange extensas áreas da crosta terrestre e está normalmente associado à formação de cadeias montanhosas.
- O metamorfismo de contacto está mais relacionado com a intrusão de corpos magmáticos na crosta terrestre.
- As rochas metamórficas podem apresentar dois tipos principais de textura: a textura foliada e a textura não foliada (granoblástica).

Sítios Web úteis

<http://www.childrensmuseum.org/geomysteries/faq1.html>

<http://www.dinajim.com/metamorphic.htm>

Questões em aberto

Processos magmáticos e sedimentares podem ser frequentemente observados diretamente. Pelo contrário, os fenómenos e processos metamórficos não podem, porque ocorrem em profundidade e de forma muito lenta. Daí que toda a experiência laboratorial não conduza a explicações definitivas. Por exemplo os diagramas de estabilidade dos minerais estão a ser continuamente aperfeiçoados.

Avaliação

Para avaliares as aprendizagens que desenvolveste ao longo da temática metamorfismo e rochas metamórficas, responde no caderno às questões que se seguem:

1. No quadro que se segue estão representadas algumas sequências metamórficas.

Sequência metamórfica	Rocha original	Matamorfismo crescente
Argilosa	Argilito ou siltito	Ardósias → filádios → micaxistos → gnaisse
Basáltica	Basalto	Xistos com clorite → xistos verdes → anfibolitos → gnaisses anfibólicos
Carbonatada	Calcário	Mármore
Arenosa	Grés	Quartzito

1.1. Em relação à sequência argilosa, indica a rocha que foi sujeita a metamorfismo de grau:

1.1.1. mais elevado;

1.1.2. mais baixo.

- 1.2. Indica a rocha da sequência argilosa que seja mais provável encontrares foliação. Fundamenta a tua resposta.
- 1.3. Refere o mineral mais comum nas rochas da sequência carbonatada.
2. Das afirmações que se seguem, transcreve a opção correta, caso exista:
 - 2.1. Em condições de profundidade, sujeitos a valores de pressão e de temperatura mais:
 - (A) baixos que os da sua génese, os minerais constituintes de um argilito tendem a transformar-se no estado líquido, dando origem a rochas magmáticas.
 - (B) baixos que os da sua génese, os minerais constituintes de um argilito tendem a transformar-se no estado líquido, dando origem a rochas metamórficas.
 - (C) elevados que os da sua génese, os minerais constituintes de um argilito tendem a transformar-se no estado líquido, dando origem a rochas metamórficas.
 - (D) elevados que os da sua génese, os minerais constituintes de um argilito tendem a transformar-se no estado líquido, dando origem a rochas magmáticas.
 - 2.2. As corneanas são rochas metamórficas com textura:
 - (A) foliada, resultantes de processos de metamorfismo regional.
 - (B) foliada, resultantes de processos de metamorfismo de contacto.
 - (C) granoblástica, resultantes de processos de metamorfismo regional.
 - (D) granoblástica, resultantes de processos de metamorfismo de contacto.
3. Analisa as afirmações que se seguem, relativas à formação de auréolas de contacto em unidades geológicas afetadas por metamorfismo regional.
 - 3.1. Reconstitui a sequência temporal dos acontecimentos mencionados, segundo uma relação de causa-efeito, colocando por ordem as letras que os identificam.
 - (A) Instalação de maciços graníticos que provoquem auréolas de contacto nas rochas encaixantes.
 - (B) Fenómenos de fusão parcial em condições de ultrametamorfismo.
 - (C) Transporte de materiais argilosos para bacias sedimentares.
 - (D) Aprofundamento de material de natureza sedimentar.
 - (E) Estabelecimento de um contexto orogénico de colisão.
4. Apresenta uma explicação para a formação de granitos de anatexia.
5. Elabora no caderno um esquema que represente o ciclo das rochas, que integre as seguintes rochas: granito, basalto; xisto argiloso; arenito; calcário; micaxisto; gnaisse e mármore.

Aprofundamento

Rocha e minerais: os tijolos da Terra. Dentre os “tijolos” que estudaste, os minerais silicatados mostraram ter um papel muito importante na constituição da Terra. Podes agora ficar a saber um pouco mais...

Há cerca de 300 anos atrás, os minerais eram muitas vezes classificados por ordem alfabética, como as palavras num dicionário. À medida que a lista foi aumentando, esta solução foi-se tornando menos prática. Isto levou o naturalista sueco Lineu (1707-1778) a propor um sistema de classificação binominal, idêntico ao que criou, com êxito, para os animais e as plantas. Os minerais eram divididos em classes, ordens, géneros e espécies. Só que os minerais não se cruzam como os animais e as plantas. A proposta de Lineu acabou, assim, por ser abandonada e substituída, já no século XIX, pela do químico sueco Berzelius, baseada na composição química. É esta, com ligeiras alterações, a que hoje utilizamos.

Se tivermos em conta a quantidade em que os minerais aparecem na crosta terrestre, a distinção mais simples é entre “os silicatos” (mais de 95%) e “os outros” (menos de 5%). Façamos então dos silicatos, deixando os outros para o 12º ano.

Os minerais silicatados são combinações variáveis de 8 elementos: Si, O, Al, Fe, Mg, Ca, Na e K. A unidade fundamental e permanente é o grupo SiO_4^{4-} , em que um átomo de Si (valência 4+) está no centro de um tetraedro cujos vértices estão ocupados por 4 átomos de oxigénio (valência 2). O conjunto tem valência 4- ($1 \times 4^+ + 4 \times 2^- = 4^-$). Basta então 1 ou mais daqueles 6 metais (carregados positivamente) para formar uma molécula eletricamente neutra. Assim, por exemplo, se 2 átomos de Fe (ou Mg) se ligarem a um tetraedro produzem uma molécula neutra e estável do mineral olivina (Figura 3.55).

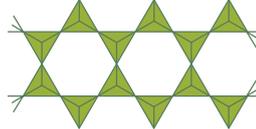
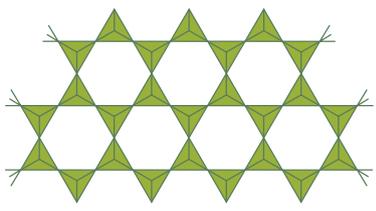
Mineral		Fórmula ideal	Estrutura cristalina
Olivina		$(\text{Mg, Fe})_2 \text{SiO}_4$	Tetraedros isolados 
Piroxenas		$(\text{Mg, Fe}) \text{SiO}_3$	Cadeias simples 
Anfíbolos		$(\text{Ca}_2\text{Mg}_5) \text{Si}_8\text{O}_{20} (\text{OH})_2$	Cadeias duplas 
Micas	Biolite	$\text{K}(\text{Mg, Fe})_3 \text{Si}_3\text{O}_{10} (\text{OH})_2$	Folhas 
	Moscovite	$\text{KAl}_3\text{Si}_3 (\text{OH})_2$	
Feldspatos	Plagioclase	$(\text{NaAlSi}_3\text{O}_8, \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$	Redes tridimensionais 
	Ortoclase	KAlSi_3O_8	
Quartzo		SiO_2	

Figura 3.55. Estruturas cristalinas de silicatos.

Por outro lado, 2 tetraedros adjacentes podem formar moléculas maiores por partilha de 2 ou mais iões oxigénio:

- Se 2 dos oxigénios forem partilhados, a razão Si:O passa de 1:4 para 1:3, definindo uma cadeia simples. É o que acontece no grupo das Piroxenas.
- Se forem partilhados 5 dos 8 oxigénios de 2 tetraedros, a razão Si:O passa para 1:2,75, definindo uma cadeia dupla. É o que acontece no grupo das Anfíbolos.
- Se forem partilhados 3 dos 4 oxigénios em cada tetraedro, aquela razão passa para 1:2,5, definindo uma folha de tetraedros. É o que acontece no grupo das Micas e das Argilas.
- Enfim, se todos os oxigénios estiverem partilhados, a razão Si:O é de 1:2, definindo uma rede tridimensional complexa. É o que acontece no Quartzo. Este tipo de rede representa a estrutura mais comum dos silicatos, incluindo não apenas o Quartzo, mas também o grupo dos Feldspatos (ortoclase, plagioclases...). Estes distinguem-se do Quartzo pelo facto de o Al^{3+} substituir em parte o Si^{4+} , sendo o conjunto compensado eletricamente pela introdução de iões Na, K e Ca.

Magmatismo e rochas magmáticas. Vamos dar uma atenção especial à questão do magmatismo associado a Tectónica de Placas. Da superfície para o interior da Terra, a temperatura aumenta a um ritmo conhecido por gradiente geotérmico (30-40°C/Km até à base da litosfera, diminuindo depois). A fusão das rochas só não acontece, (mantendo-se a crosta e o manto no estado sólido), porque a pressão também aumenta com a profundidade.

A rocha representativa do manto terrestre é o peridotito. É na região imediatamente por baixo da litosfera, ou seja, na astenosfera, que a curva do gradiente geotérmico (1) se aproxima da curva que marca o início da fusão do peridotito (2), podendo mesmo ultrapassá-la, como mostra a Figura 3.56.

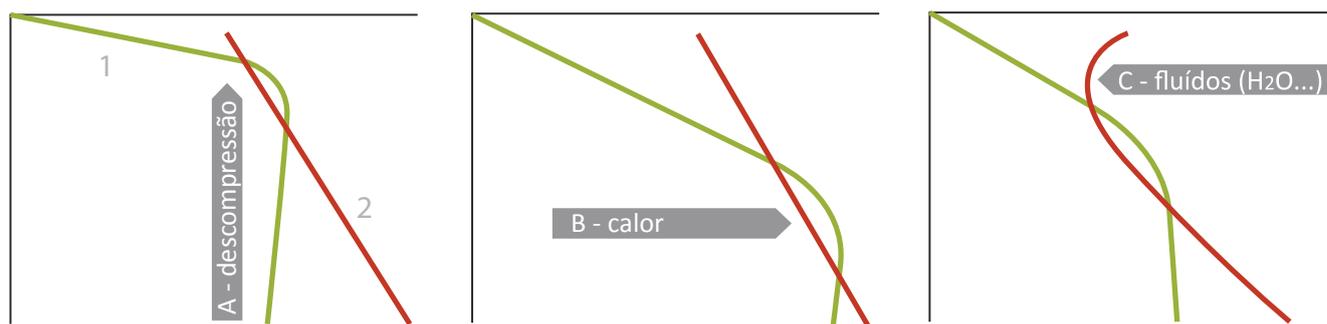


Figura 3.56. Fatores condicionantes da fusão parcial; 1 – Gradiente geotérmico; 2 – Linha que marca o início da fusão do peridotito.

Por fusão parcial do peridotito obtém-se um líquido (magma) de composição basáltica. As taxas de fusão conhecidas variam de 3 a 30%, o que dá origem a basaltos ligeiramente diferentes: “alcalinos” quando as taxas são fracas, “toleíticos” quando são fortes. Por diferenciação (recorda as Séries de Bowen), os basaltos alcalinos dão rochas cada vez mais ácidas até aos traquitos ou aos fonolitos; os basaltos toleíticos dão rochas ácidas do tipo riolito. A fusão parcial do peridotito pode dar-se por três causas principais, muitas vezes interligadas: aumento da temperatura, diminuição da pressão, introdução de água (diminui o ponto de fusão do peridotito). Parece haver uma relação entre a natureza dos magmas assim formados e a sua localização no contexto da Tectónica de Placas

Ao nível dos riftes oceânicos, a despressurização é o fator dominante (Figura 3.56A). A astenosfera está mais próxima da superfície, a taxa de fusão é elevada e o magma pouco diferenciado; formam-se basaltos toleíticos (com gabros por baixo), que alastram para um e outro lado constituindo a crosta oceânica.

Ao nível do interior das placas, o aumento da temperatura será o fator dominante, por subida local da astenosfera (Figura 3.56B). A taxa de fusão, variável, conduz aos basaltos alcalinos; ao ascenderem lentamente à superfície, sofrem diferenciação até aos traquitos e fonolitos de muitas ilhas oceânicas.

Ao nível das zonas de subducção, o fator dominante será a introdução de água do mar que altera a crosta oceânica e impregna os sedimentos que ela arrasta consigo. Esta água liberta-se a cerca de 100 Km de profundidade, e é mais rica em Si, Ca e Na. Vai baixar o ponto de fusão do peridotito que agora lhe fica por cima (Figura 3.56C). Em ambiente de arco vulcânico, como nas ilhas de Sumatra ou de Atauro, formam-se basaltos toleíticos e “calcoalcalinos”, mas também rochas vulcânicas mais diferenciadas, como os andesitos, que como tal ascendem à superfície mas que, em profundidade, cristalizam como dioritos. Em ambiente de margem continental como na cadeia dos Andes, a própria crosta continental pode mesmo chegar a fundir localmente, dando origem a granitos e, mais raramente, riolitos. Raramente porque, como o magma granítico é muito viscoso, ascende com dificuldade e tende a parar e cristalizar em profundidade. Pelo contrário, o magma basáltico é pouco viscoso e por isso ascende mais facilmente até à superfície: os basaltos são muito mais abundantes do que os gabros.

As zonas de colisão continental, como a cadeia dos Himalaias, têm semelhanças com as zonas de subducção continental, contando aqui o aumento da temperatura: o afundamento da crosta continental (ver mais adiante: “Da planície à montanha, da montanha à planície”) conduz as partes mais profundas a domínios mais quentes onde pode chegar a fundir.

Sedimentação e rochas sedimentares. Durante muito tempo os pedólogos estudaram os solos e os geólogos estudaram as rochas sedimentares. O pedólogo francês Henri Erhart foi um dos primeiros investigadores a analisar a relação entre a formação dos solos e a sedimentação sua contemporânea. O resultado foi a elaboração de um engenhoso modelo genético a que chamou Bio-Rexistasia (ou teoria bio-rexistásica).

Biostasia – Erhart começou por considerar uma paisagem muito característica: a floresta tropical sobre uma rocha sílico-aluminosa, numa vasta superfície aplanada. Nestas condições, uma poderosa alteração química (lateritização) conduz à formação e concentração de argilas lateríticas constituídas por quartzo (apenas no caso de a rocha mãe ser quartzosa), caulinite, óxidos de Fe e Al, que permanecem no local, protegidos pela floresta. É a chamada “fase residual da pedogénese” (Figura 3.57). Pelo contrário, os materiais solúveis são evacuados e atingem a bacia de sedimentação marinha. Quais são eles? As bases alcalinas e alcalino-terrosas (Ca, Mg, Na, K) e ainda toda a sílica dos silicatos com exceção da caulinite. Estes elementos constituem a chamada “fase migradora solúvel”. A sedimentação marinha correspondente contará apenas termos carbonatados: calcários e dolomias. A sílica vai aparecer sob a forma de níveis e nódulos de cherte. E os alcalinos permanecem em solução na água do mar.

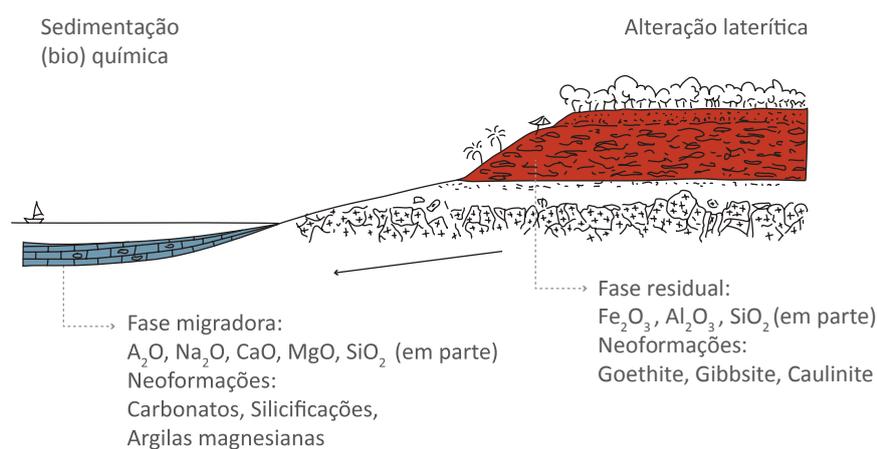


Figura 3.57. Fases residual e migradora

Rexistasia – Se por qualquer razão (tectónica ou climática) a floresta é destruída, os solos que ela protege e fixa ficam sujeitos à erosão, a qual passa a ser essencialmente mecânica. A sedimentação correspondente será do tipo detrítico. Começará por ser sobretudo argilosa. Mas à medida que a erosão atinge a própria rocha mãe, os sedimentos (e as rochas sedimentares) passarão a ser mais grosseiros: grés quartzosos, arcoses, conglomerados.

Biostasia e Rexistasia são casos extremos de um mesmo fenómeno que muito depende das condições tectónicas e climáticas. As situações intermédias são frequentes, o que naturalmente complica as análises, sobretudo quando passamos da escala regional a escalas mais locais.

Metamorfismo e rochas metamórficas. No estudo do metamorfismo, o conceito de fácies tem, como viste, um papel importante, na medida em que contribui para que se perceba melhor as condições de génese das rochas. Por essa razão, vai merecer aqui algum aprofundamento.

As fácies metamórficas são como que fotografias dos grandes agrupamentos de rochas formados em pequenos domínios de P-T. Uma rocha metamórfica contém geralmente três paragénese (associação de minerais formada por um mesmo processo geológico): uma formada durante o metamorfismo (minerais tipomorfos), uma pré-metamórfica (reliquia) e uma pós-metamórfica (tardia).

O filme dos acontecimentos é dado pela sequência das fácies metamórficas que ocorrem numa dada região, por exemplo, Aileu-Díli-Manatuto, como verás melhor no 11º ano. Sabemos que a passagem da fácies dos xistos verdes à fácies anfíbolítica traduz um aumento tanto da pressão como da temperatura. Mas será que P e T variam ao mesmo ritmo, ou não? Para responder a isto precisamos de mais uma ferramenta: os diagramas de fase. Estes diagramas P-T onde se representam os domínios de estabilidade de um ou dois minerais e as curvas de equilíbrio correspondentes (por exemplo, magnesite→periclase). Vejamos o caso simples do sistema Al_2SiO_3 . Este silicato apresenta três formas cristalinas diferentes (andaluzite, distena, silimanite) em função de P e T (Figura 3.58). São minerais indicadores do metamorfismo; quando passamos, no campo, de uma zona de xistos com andaluzite para uma zona de xistos com distena, isto significa que descemos para um nível mais profundo, onde a pressão aumenta mais rapidamente do que a temperatura.

Conhecemos hoje, graças a numerosas experiências laboratoriais, muitos diagramas de fase que nos permitem localizar uma rocha metamórfica qualquer num diagrama P-T. Mas isto permite-nos também, numa determinada área metamórfica (por exemplo, Aileu-Díli-Manatuto), identificar a curva da sequência das fácies metamórficas e assim reconstituir as condições P-T existentes na crosta durante a história da cadeia montanhosa. A tarefa não é simples; mas é possível.

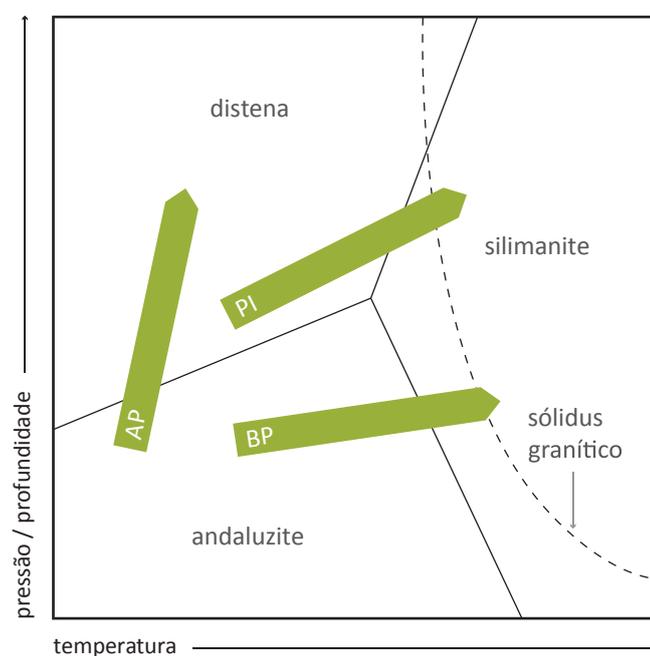


Figura 3.58. Diagrama de fases do sistema Al_2SiO_3 . AP – Alta Pressão; BP – Baixa Pressão; PI – Pressão Intermédia.

Tens vindo a estudar as rochas enquanto associações naturais de minerais, cuja formação tem a sua história própria. Acontece que, depois de formadas, as rochas são sujeitas, em maior ou menor grau, a processos típicos de uma “Terra Inquieta”, como já conheces. Tais situações podem traduzir-se desde pequenas fraturas locais até à formação de grandes cadeias de montanhas.

Nesta Unidade Temática **Deformação das rochas: a força da Terra** vais estudar primeiro as principais formas elementares de deformação - dobras e falhas. De seguida, a sua distribuição no espaço. Finalmente, a história das cadeias montanhosas.



4. Deformação das rochas: a força da Terra

4.1. As falhas e as dobras

4.2. Os níveis estruturais da crosta continental

4.3. Da planície à montanha, da montanha
à planície

Unidade Temática 4 | Deformação das rochas: a força da Terra

Os conteúdos explorados nesta Unidade Temática vão fornecer-te uma visão geral dos processos e das forças implicadas na deformação das rochas após a sua formação, nomeadamente os que conduzem direta ou indiretamente à formação de dobras e falhas, de grandes cadeias montanhosas (cadeias de subducção, de obducção e de colisão) e de planícies. Permitir-te-ão, também, reconhecer a importância da tectónica e da erosão na modelação da superfície terrestre.



Quais as forças envolvidas na formação de dobras e de falhas?

Como é que a Tectónica de Placas explica a formação de cadeias montanhosas?

Até que ponto a formação de montanhas e a sua erosão contribuem para a modelação das paisagens timorenses?



Conceitos-chave

- Anticlinal
- Antiforma
- Cadeias de subducção
- Cadeias de obducção
- Cadeias de colisão
- Cavalgamento
- Carreamento
- Cisalhamento
- Deformação (frágil, dúctil e viscosa)
- Diaclases
- Dobra
- Falha
- Fratura
- Falha normal
- Falha inversa
- Falha de desligamento
- Graben
- Horst
- Nivel estrutural
- Monoclinal
- Sinclinal
- Sinforma



Metas de aprendizagem

- Distingue comportamento frágil de comportamento dúctil, em materiais.
- Explica os processos envolvidos na deformação das rochas, nomeadamente os que conduzem à formação de falhas e dobras.
- Identifica, em esquema ou imagem, falhas normais, falhas inversas e desligamentos.
- Localiza em esquemas os elementos de falha (teto, muro, plano de falha, rejeto vertical) e os elementos caracterizadores das dobras (eixo de dobra, charneira, flancos e superfície axial).
- Revela atitude científica na planificação, execução e discussão de atividades experimentais que simulem a formação de dobras e falhas e é capaz de identificar as limitações dessas simulações.
- Distingue estruturas com diferentes níveis estruturais e relaciona-as com a respetiva génese.
- Localiza em cartas topográficas as principais montanhas de Timor-Leste e zonas de planície.
- Explica a formação de diferentes tipos de cadeias montanhosas (subducção, obducção, colisão).
- Relaciona a tectónica e a erosão com a modelação das paisagens timorenses.



Por que se deformam as rochas?

A Terra gira sobre si própria à velocidade de mais de 1600 km/h, na região do equador. À superfície, as placas deslocam-se lentamente, alguns centímetros por ano - deslizam, chocam e afastam-se. Em profundidade, as rochas aguentam o peso das que lhes ficam por cima. Por outras palavras, a Terra está sob tensão, e as rochas deformam-se: mais umas do que outras, mais nuns sítios do que noutros.

A Tectónica é o ramo da Geologia que se ocupa da deformação das rochas ou, se preferirmos, da arquitetura da crosta. Os geólogos não falam muito de arquitetura; preferem o termo estrutura. Estrutura é um termo muito utilizado em Geologia. Neste caso, trata-se de estruturas tectónicas (já antes tínhamos falado de estruturas sedimentares).

4.1. As falhas e as dobras

Analisaremos as duas principais estruturas tectónicas: **falhas e dobras**.

Juntamente com as falhas falaremos das juntas e das diaclases. Juntamente com as dobras, falaremos da xistosidade, dos cavalgamentos e dos carreamentos.

Falha

Estrutura geológica resultante de processo de deformação (fraturação) em que se verifica a deslocação de um dos blocos em relação ao outro.

Dobra

Estrutura geológica resultante de processo de deformação caracterizada pelo arqueamento das camadas.



Problematizar

Como explicar a formação de dobras? E de falhas?

Atividade 4.1

No sentido de conheceres melhor os processos e forças envolvidas na formação de dobras, como das representadas na figura ao lado, realiza as tarefas que se seguem.

1. Solicita ao professor o seguinte material:
 - caixa de deformação;
 - farinha;
 - areia fina;
 - cimento cinzento ou pó de tijolo.
2. Coloca areia na caixa e distribui-a uniformemente pelo fundo até atingir uma altura aproximada de 1cm.
3. Em seguida, coloca farinha por cima da areia e espalha-a até esta atingir também cerca de 1 cm de espessura (ver dispositivo experimental)
4. Por último, coloca sobre a farinha uma camada de cimento com uma espessura de 1cm.
5. Discute, com os teus colegas e professor, o procedimento a adotar para provocar a deformação das “camadas” que se encontram dentro da caixa de deformação.



Afloramento dobrado, perto de Díli.



Dispositivo experimental

6. Simula a formação de dobras, seguindo o procedimento discutido.
7. Representa esquematicamente as estruturas que se formaram com a simulação e faz a respetiva legenda de acordo com os conhecimentos que já possui. Tira também algumas fotografias.
8. Discute as diferenças que existem entre o modelo adotado na simulação e o processo geológico, realçando as variáveis envolvidas e as escalas de tempo e de espaço em que ocorrem os referidos eventos.
9. Partilha e discute com a turma e professor os resultados a que o teu grupo chegou.

Falhas e fraturas

Deformação

Modificação da forma e do volume de um corpo sob a ação de forças aplicadas.

Fratura

Separação ou descontinuidade de uma rocha, em função do tensão a que foi submetida.

As rochas **deformadas** “a frio” (isto é, a temperaturas não elevadas) partem ou, como dizem os geólogos, fraturam. As **fraturas** podem implicar o deslocamento de uma parte da rocha em relação à outra parte: são as falhas. Mas também pode não haver deslocamento: são as juntas ou diaclases.

A – Falhas

As forças que provocam o falhamento das rochas, como viste na subunidade temática 2.3, são a causa principal dos sismos ou tremores de terra, podem ser distensivas ou compressivas.

As distensivas (ou de distensão) originam as falhas chamadas normais ou direitas. As compressivas originam as falhas chamadas inversas (Figura 4.1). Em ambos os casos podemos falar de movimentação “para baixo” ou “para cima” ao longo do plano de falha. Esta movimentação pode ser medida: é o chamado rejeito (ou rejeito) da falha.

Mas há ainda um terceiro tipo de falhas em que a movimentação se faz “para o lado” (ou seja, na horizontal): são as **falhas de desligamento** ou transcorrentes (Figura 4.1).

Falha de desligamento

Falha em que os blocos se deslocam lateralmente e paralelamente ao plano de falha.

Falha normal

Falha em que o teto desce em relação ao muro.

Falha inversa

Falha em que o teto sobe em relação ao muro.

Falhas normais e falhas inversas

Nas **falhas normais**, dizemos que um bloco (parte da rocha) desceu (teto) relativamente ao outro (muro). No caso das **falhas inversas**, dizemos que um bloco subiu (teto) relativamente ao outro (muro). O teto e o muro são respetivamente o que fica por cima e por baixo da superfície da falha. Para além deste sentido de movimentação, há 3 parâmetros que definem a geometria daquelas falhas (Figura 4.2).

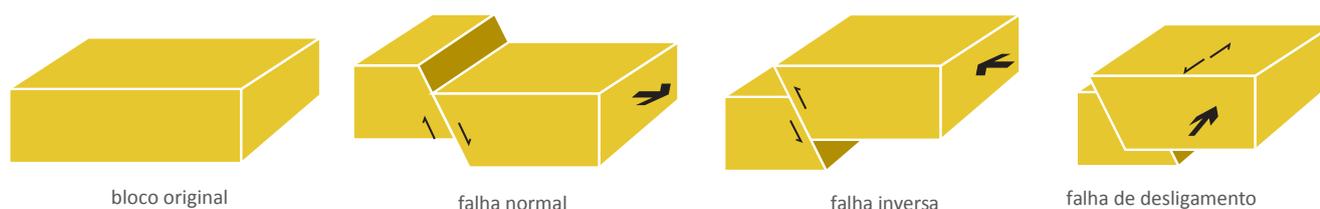


Figura 4.1. Diferentes tipos de falhas

Direção – É o ângulo que uma linha horizontal traçada no plano da falha faz com uma linha horizontal de referência, em regra a linha norte-sul.

Inclinação – É o ângulo que a linha de declive máximo no plano de falha faz com um plano horizontal. A inclinação é sempre perpendicular à direção.

Rejeito (ou Rejeto) – É o valor do deslocamento causado pela movimentação (para baixo ou para cima) ao longo do plano de falha. Em casos mais complexos, o rejeito decompõe-se num rejeito vertical e num rejeito horizontal.

As falhas normais são mais frequentes do que as falhas inversas. E porquê? Porque, como veremos mais adiante, as forças compressivas produzem mais facilmente dobras do que falhas inversas.

O plano de falha é muitas vezes realçado por uma massa de fragmentos rochosos partidos (brecha de falha) ou moídos (argila de falha). O espaço assim preenchido é mais ou menos largo. Já não é bem um plano. Os geólogos chamam-lhe caixa de falha.

A localização das falhas pode ser bem visível na paisagem sob a forma de escarpas de falha (Figura 4.3). Duas escarpas de falha podem limitar um vale, que então se chama **graben**, ou uma serra, que então se chama **horst** (Figura 4.4)

Falhas de desligamento

Nas falhas de desligamento, o rejeito mede-se na horizontal. Estas falhas são as mais fáceis de identificar (sobretudo num mapa), sempre que um dado corpo geológico (filão, estrato...) é intersetado pela falha (Figura 4.5). Devido à fricção exercida nas rochas, este tipo de falhas, mais talvez do que os outros dois, tende a ocupar zonas onde a erosão é mais fácil. Assim se forma uma parte dos vales.

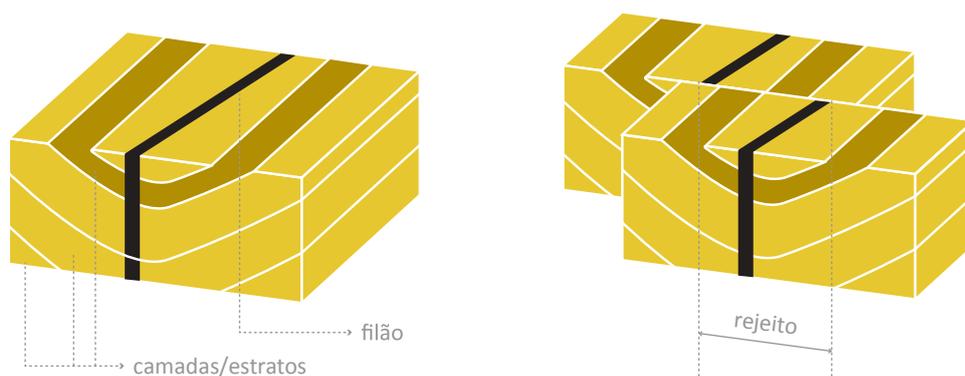


Figura 4.5. Marcas de desligamento.

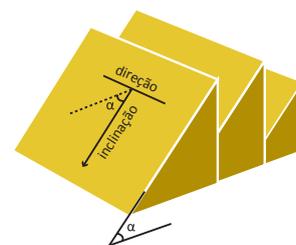


Figura 4.2. Direção e inclinação de uma falha.

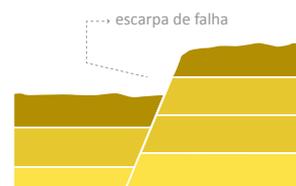


Figura 4.3. Escarpa de falha.

Graben

Depressão de origem tectónica, geralmente com a forma de um vale alongado com fundo plano, formada quando um bloco se afunda em relação à área circundante como resultado de movimentos distensivos.

Horst

Elevação limitada por falhas que resulta da movimentação ascendente de um bloco em relação à área circundante.

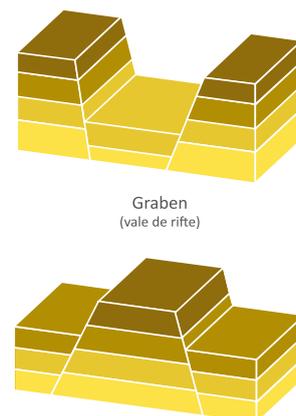


Figura 4.4. Graben e horst.

B – Juntas ou diaclases

Diaclases

Fendas das rochas provocadas por tensões internas da crosta ou por fenômenos de descompressão.

Muitas vezes as fraturas não provocam qualquer movimentação nas rochas afetadas, apenas fissuras; os geólogos falam então de **juntas** ou **diaclases** (Figura 4.6). Estas formam-se por várias razões, como vamos ver a seguir.

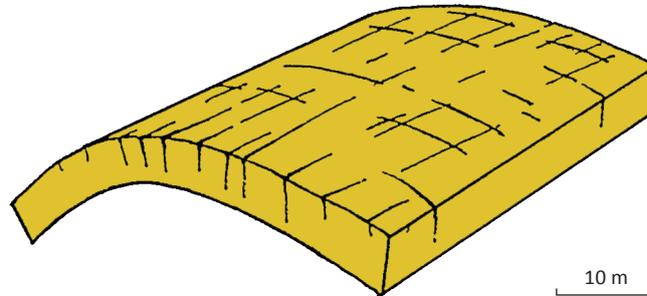


Figura 4.6. Diaclases formadas durante a deformação (dobramento) de rochas.

- Como veremos mais adiante, algumas rochas sedimentares (ex.: grés e calcários) abrem uma rede de fissuras (diaclases) durante o dobramento. Podemos experimentar dobrando uma borracha!
- Uma intrusão granítica forma-se em profundidade. Se a podemos hoje observar à superfície, isso significa que a erosão removeu toda a enorme carga de rochas que cobria aquela intrusão. Aliviada desta carga, a parte superior da intrusão abre fissuras.
- Ao arrefecer, uma escoada de lava contrai-se, abrindo fissuras em forma de prismas geralmente hexagonais: é a chamada disjunção prismática ou colunar (ver Figura 3.17, da subunidade temática 3.2).

Antiforma

Dobra cuja concavidade ou abertura está voltada para baixo.

Sinforma

Dobra cuja abertura está voltada para cima.

Anticlinal

Antiforma em que o núcleo é ocupado pelas camadas mais antigas.

Sinclinal

Sinforma em que o núcleo é ocupado pelas rochas mais recentes.

Monoclinal

Sequência inclinada de rochas estratificadas.

Dobras, cavalgamentos e carreamentos

A - Dobras

Se tentarmos dobrar um tubo de vidro a frio, ele parte. Se o tentarmos lentamente e a quente (por exemplo, na aula de Química, com a ajuda de um bico de Bunsen), ele dobra. Com as rochas passa-se o mesmo. As rochas sedimentares estratificadas são as mais favoráveis (mas não as únicas) para a observação das dobras. A formação das dobras sugere uma compressão, como podemos confirmar com um caderno de apontamentos ou com um tapete.

Há muitas variedades de dobras, mas o padrão básico é simples: todas exibem uma concavidade e dois flancos (Figura 4.7).

Se a concavidade aponta para baixo, trata-se de uma **antiforma**; se aponta para cima, trata-se de uma **sinforma**.

Além disso, se aponta para as camadas mais antigas, é um **anticlinal**; se aponta para as mais recentes, é um **sinclinal** (Figura 4.8).

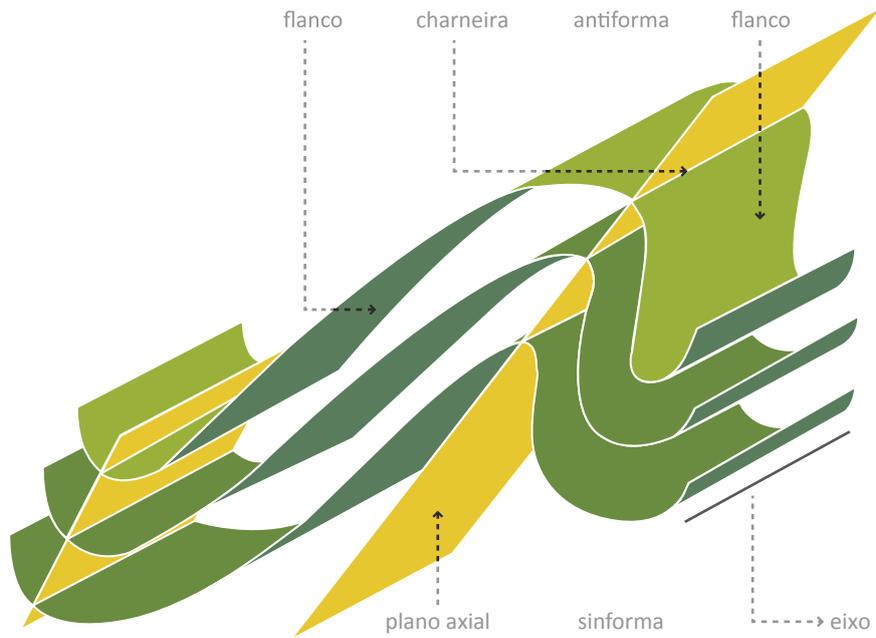


Figura 4.7. Padrão básico de uma dobra.

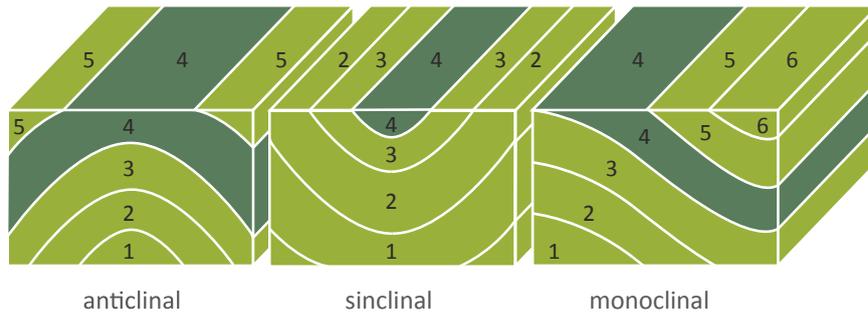


Figura 4.8. Representação esquemática de um anticlinal, sinclinal e monoclinal.

Cada flanco tem uma direção e uma inclinação, que são medidas da mesma maneira como já fizemos para os planos de falha. Os dois flancos convergem para a charneira. O plano axial é o plano de simetria da dobra; ele intersecta a charneira no chamado eixo da dobra. Os eixos das dobras são muitas vezes horizontais; mas podem ser inclinados (ou mergulhantes, na linguagem dos geólogos).

Quando os planos axiais são verticais, as dobras dizem-se também verticais. À medida que os planos axiais inclinam, as dobras passam a inclinadas, tombadas e deitadas como mostra a Figura 4.9. Suponhamos uma dobra inclinada (ou tombada) por exemplo para norte. Parece que vai cair para norte. Os geólogos dizem que tem vergência para norte.

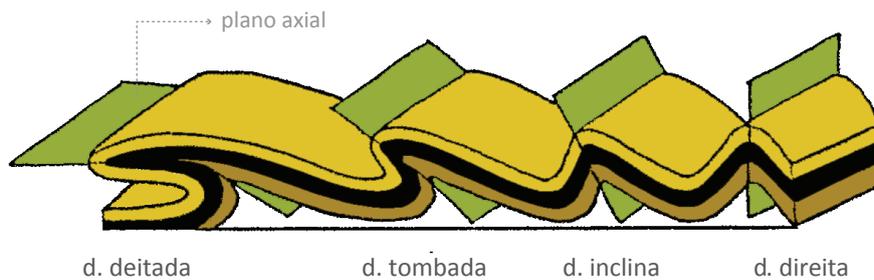


Figura 4.9. Dobras com planos axiais com diferentes inclinações.

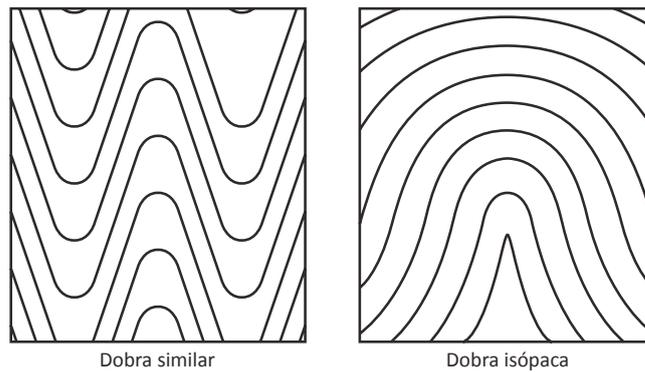


Figura 4.10. Classificação das dobras, atendendo à espessura dos estratos após a deformação.

? E poderá haver situações em que existem dobras e falhas em simultâneo?

No caso, frequente, de um conjunto de estratos dobrados, a espessura destes estratos pode permanecer idêntica: são as dobras isópacas (Figura 4.10). Mas podem apresentar uma espessura mínima nos flancos e máxima na charneira: são as dobras similares (Figura 4.10). Muitas vezes alternam rochas mais duras ou competentes (ex.: grés, calcários) e menos duras ou incompetentes (ex.: argilas). Neste caso, podemos ver que, nas charneiras, as rochas menos duras estão mais intensamente dobradas do que as mais duras; os geólogos falam de desarmonia tectónica.

Todos estes nomes são de conhecimento obrigatório se quisermos vir um dia a trabalhar com rochas deformadas, uma situação frequentíssima em Timor-Leste. Mas há mais. Uma rocha dobrada pode sofrer, mais tarde, novo dobramento (e fraturação). Os geólogos falam de tectónicas sobrepostas.



Problematizar

Como podemos caracterizar e classificar as dobras simuladas em laboratório?

Atividade 4.2

Com base na informação fornecida no manual e nos registos que efetuaste na aula em que simulaste a formação de dobras e de falhas (ver Figura ao lado), realiza as tarefas que se seguem.

1. Completa a legenda dos registos que efetuaste na aula, quando simulaste a formação de dobras.
2. Classifica as “dobras” formadas, quanto à:
 - 2.1. inclinação dos planos axiais;
 - 2.2. localização, na “dobra”, das camadas que foram depositadas em primeiro lugar;
 - 2.3. espessura das camadas após a deformação.
3. Apresenta uma explicação para as características que as dobras apresentam.
4. Partilha e discute, com a turma e professor, o trabalho realizado.



B – Cavalgamentos e carreamentos

Uma situação notável acontece com dobras muito inclinadas (sobretudo tombadas e deitadas). Se a compressão aumentar, a dobra pode fraturar. Produz-se então uma falha, ao longo da qual o flanco superior (ou direito) deslizará sobre o flanco inferior (ou inverso). Trata-se de verdadeiras dobras-falha.

No caso das dobras tombadas, aquele deslizamento não é muito grande (em geral alguns metros ou dezenas de metros); são os chamados **cavalgamentos** (Figura 4.11). No caso das dobras deitadas, o deslizamento é bastante maior, podendo mesmo atingir algumas dezenas de quilómetros; são os chamados **carreamentos** (ou mantos de carreamento). As duas situações são frequentes em Timor-Leste, como verás no 11º ano.

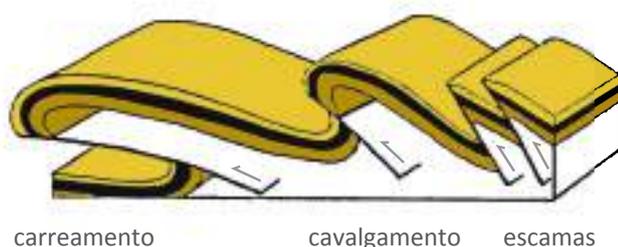


Figura 4.11. Representação esquemática de carreamentos, cavalgamentos e escamas.

Cavalgamento

Falha inversa em que ocorre a sobreposição de camadas mais antigas sobre camadas mais jovens.

Carreamento

Cavalgamento com deslizamento extenso e sub-horizontal.

C - Xistosidades e lineações

As forças compressivas que produzem as dobras podem originar também uma disposição planar dos minerais (sobretudo argilosos) quando recristalizam: é a xistosidade. A xistosidade é um aspeto muito comum nas rochas metamórficas. Apresenta-se, à vista desarmada, como uma fraturação muito fina, em folhas paralelas, de origem tectónica: é um bom exemplo de metamorfismo dinâmico.

É costume distinguir 2 tipos de xistosidade, como vamos ver a seguir.

- Xistosidade de fluxo – Afeta uniformemente todo o corpo da rocha; daqui resulta que, muitas vezes, as folhas distinguem-se apenas ao microscópio. Quando as recristalizações metamórficas são mais importantes, há quem prefira utilizar o termo foliação; é uma xistosidade típica dos gnaisses.
- Xistosidade de fratura – Resulta de numerosas e finas fraturas, geralmente intervaladas de alguns milímetros até alguns centímetros. Encontram-se muitas vezes sobrepostas a uma xistosidade de fluxo anterior.

Por oposição à xistosidade (que é uma estrutura planar), a lineação é uma estrutura linear, importante sobretudo para especialistas. Há 3 tipos de lineação como se pode ver na Figura 3.50, da subunidade 3.2.3:

- Lineação de interseção;
- Lineação de alinhamento;
- Lineação de alongamento.

4.2. Os níveis estruturais da crosta continental

Nível estrutural

Zona no interior da crosta em que se mantêm semelhantes os mecanismos dominantes da deformação, originando o mesmo tipo de estruturas geológicas.

Depois de ver os tipos de deformação, pode perguntar-se: tem a profundidade a que elas se encontram alguma influência sobre as suas próprias características?

Recordemos que, em Geologia, uma cadeia montanhosa é uma porção da crosta continental onde as rochas estão dobradas e mais ou menos metamorfolizadas. E são diferentes as deformações criadas perto da superfície e as criadas em profundidade. E porquê? Porque, consoante a maior ou menor profundidade, são diferentes os mecanismos e as leis de deformação das rochas.

Para entender a questão, podemos recorrer a um diagrama P-T, como fizemos para o metamorfismo. Com uma diferença. É que, no caso do metamorfismo, interessava-nos conhecer as mudanças ocorridas na composição mineralógica; agora interessam-nos as mudanças no tipo de deformação. Em vez de fácies metamórficas, falamos agora de níveis estruturais, caracterizados por mecanismos dominantes de deformação constantes. A Figura 4.12 mostra a forma como a sequência dos diferentes níveis se desenvolve com a profundidade. O estudo dos níveis estruturais é tarefa para especialistas, não para alunos do 10º ano. Mas convém fixares alguns termos e analisares algumas imagens. Ser-te-ão úteis no 11º ano.

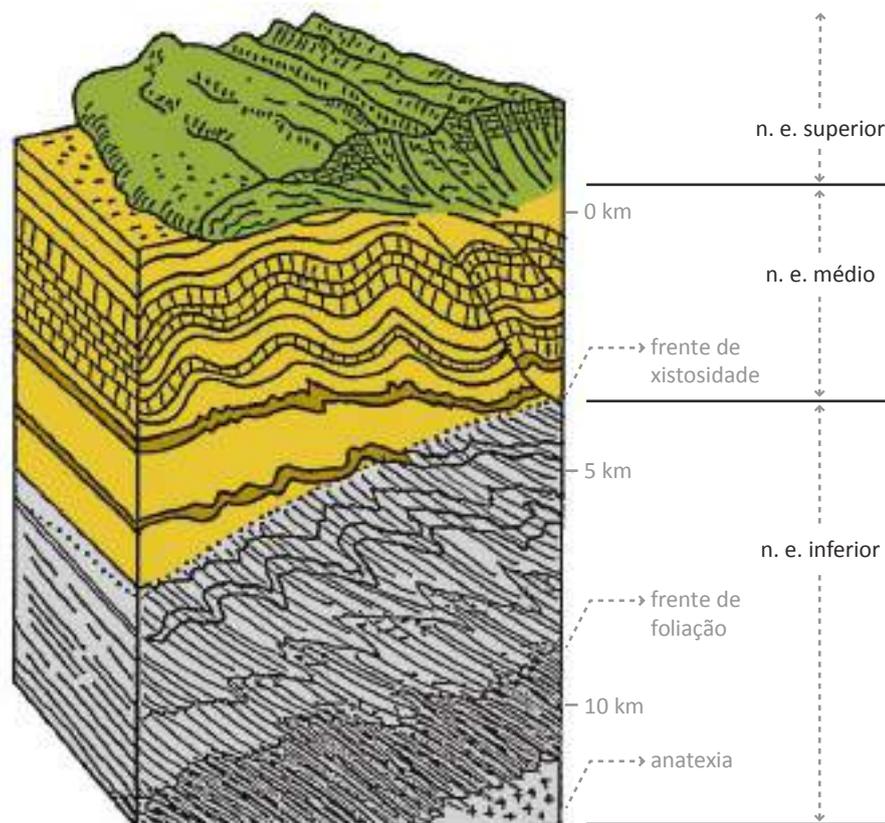


Figura 4.12. Localização no interior da Terra dos diferentes níveis estruturais.

Problematizar

Que estruturas geológicas podemos encontrar em cada um dos níveis estruturais?

Atividade 4.3

Com base nos conhecimentos adquiridos nas últimas aulas e na informação fornecida pela Figura 4.12, responde às questões que se seguem.

1. Identifica as estruturas geológicas (ex.: falha, anticlinal, xistosidade, ...) que se podem encontrar no nível estrutural:
 - 1.1 superior;
 - 1.2 médio;
 - 1.3 inferior.
2. Discute os critérios usados para distinguir estruturas geológicas de níveis estruturais diferentes.
3. Partilha na turma as respostas que deste.

Nível estrutural superior - É o domínio privilegiado das falhas; de facto, perto da superfície, a temperatura é relativamente baixa e as rochas partem facilmente sob pressão. É também um domínio de cavalgamentos e carreamentos.

Nível estrutural médio - É o domínio privilegiado das dobras isópacas. A temperatura é mais elevada, e a pressão, mesmo que relativamente moderada, vai lentamente dobrando as rochas. As dobras isópacas podem coexistir com falhas, geralmente inversas.

Nível estrutural inferior - É o domínio das dobras similares e da xistosidade; por outras palavras, do metamorfismo regional. Na parte mais profunda da cadeia montanhosa, a xistosidade propriamente dita tende a desaparecer, para dar lugar à foliação e depois ao ultrametamorfismo e à anatexia.

Na Figura 4.13 estão representados os diferentes níveis estruturais em função da pressão e da temperatura, bem como o comportamento dos materiais em função dessas condições.

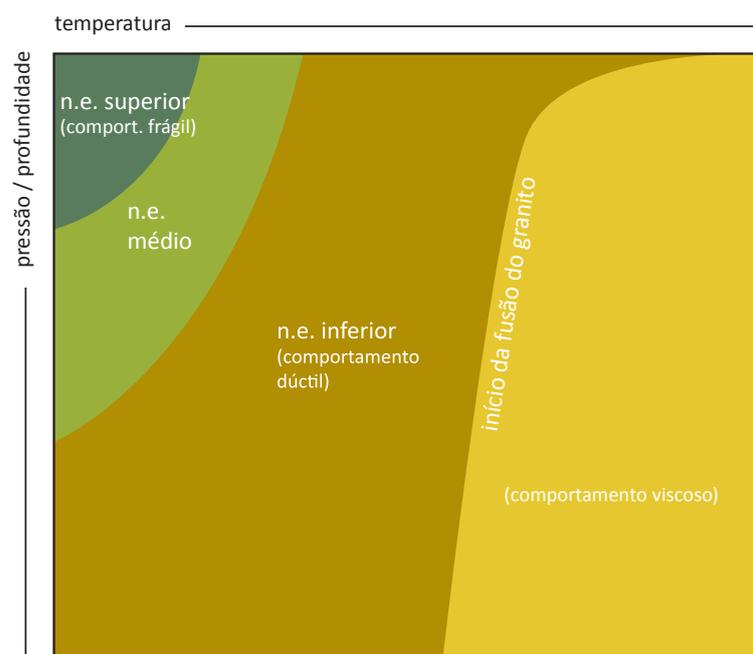


Figura 4.13. Distribuição dos diferentes níveis estruturais em função das condições de P e T no interior da Terra.

4.3. Da planície à montanha, da montanha à planície

Graças às facilidades de transporte e à cooperação internacional, os geólogos conhecem hoje praticamente todas as cadeias montanhosas do mundo. E sabem que todas elas nascem, crescem, envelhecem e morrem. Fazem-no tão lentamente que nem nos apercebemos. Mas fazem-no!

Veremos, no 11º ano, que Timor é uma cadeia jovem (em termos geológicos, claro), em crescimento rápido. Para já, contentemo-nos com o conhecimento muito sumário de 3 classes de cadeias montanhosas. Ficaremos assim a entender como é que as rochas se deformam à escala da crosta terrestre.



Como é que vamos obter aquele conhecimento?

Há várias maneiras. A melhor é utilizar a Tectónica de Placas.

Cadeias de subducção

Cadeias de subducção

Cadeias formadas quando uma placa (oceânica) mergulha sob uma placa continental ou um arco insular.

O exemplo mais citado é o da cordilheira dos Andes (na América do Sul), à latitude do Peru (Figura 4.14).

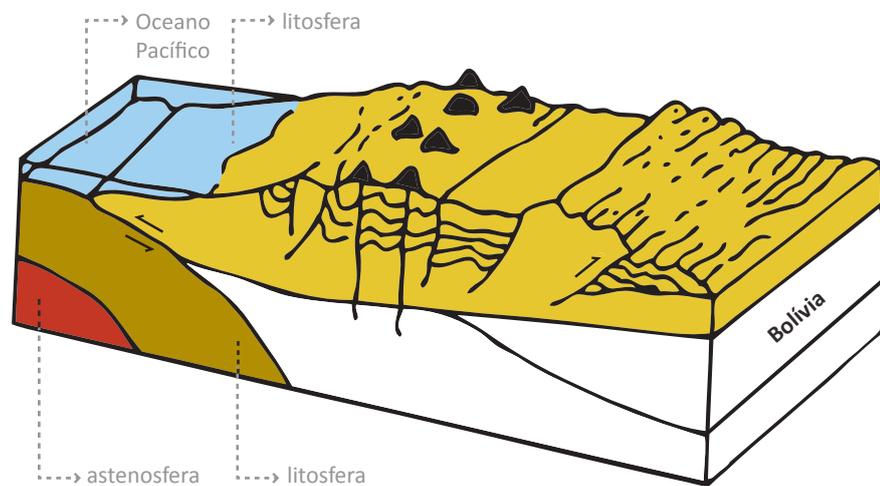


Figura 4.14. Representação esquemática de uma zona do globo em que a formação das cadeias montanhosas está associada a processos de subducção.

O mergulho da crosta oceânica sob a crosta continental provoca uma forte compressão. Esta compressão engrossa a crosta continental e deforma um empilhamento de rochas sedimentares muito dobradas, muitas vezes com cavalgamentos.

As rochas profundas, metamórficas e graníticas, podem ser “desenterradas” por grandes falhas cavalgantes, como é possível inferir a partir da Figura 4.15.

Cadeias de obducção

Obducção é o nome dado ao cavalgamento de uma crosta oceânica sobre uma crosta continental. Esta situação é curiosa. E porquê? Porque, em princípio, a crosta oceânica, mais densa, deveria mergulhar sob a crosta continental (menos densa).

Cadeias de obducção

Formam-se quando a crosta oceânica cavalga a crosta continental numa zona de subducção.

? Como podemos resolver o problema?

Consideremos o caso da Nova Guiné (Figura 4.15). Veremos no 11º ano que Timor não é muito diferente!

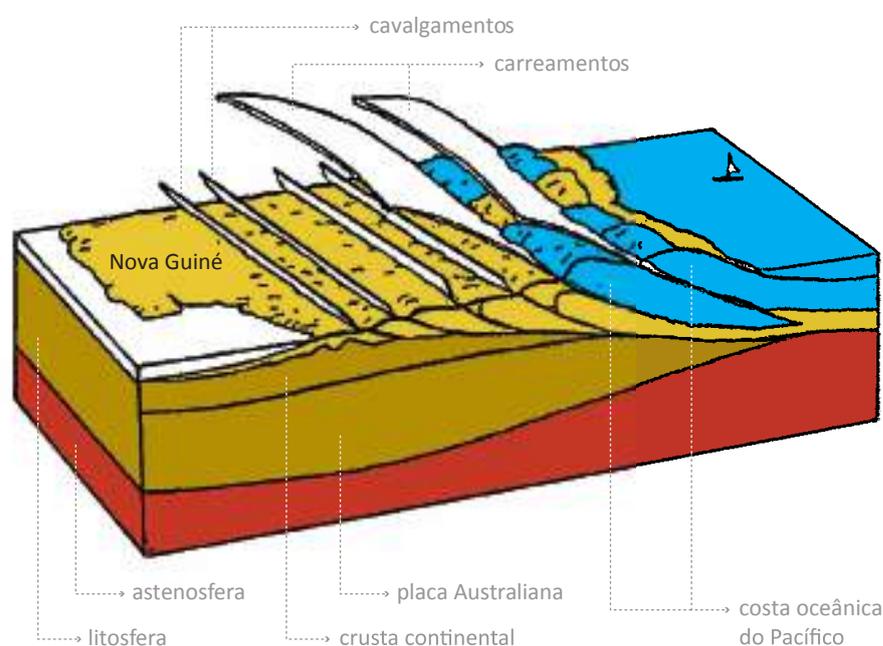


Figura 4.15. Representação esquemática de uma zona do globo em que a formação das cadeias montanhosas está associada a processos de obducção.

Aqui, a crosta oceânica “australiana” começou por mergulhar sob a crosta oceânica “pacífica”: os geólogos falam de subducção intraoceânica. Mas a crosta oceânica “australiana” arrastava a crosta continental “australiana”. Devido à sua fraca densidade, as rochas continentais não mergulham mais do que algumas dezenas de quilómetros. Mas é o suficiente para originarem duas coisas importantes:

- 1ª formam-se minerais metamórficos característicos de alta pressão como, por exemplo glaucofana (fácies dos xistos azuis);
- 2ª podemos observar à superfície *fragmentos da placa oceânica carreada sobre a placa continental*. Aqueles fragmentos são ofiolitos, que aparecem encravados nas rochas continentais.

Cadeias de colisão

Cadeias de colisão

Cadeias que resultam da aproximação e posterior choque de duas margens continentais.

Um dos exemplos mais estudados é a cadeia dos Himalaias. Ela resultou da colisão dos “continentes” indiano e asiático por subducção e desaparecimento da crosta oceânica que os separava (Figura 4.16).

? Já agora, por que é que a palavra “continentes” está entre aspas?

O mergulho da Índia sob a Ásia está na origem de grandes deformações, caracterizadas por:

- 1º formação de gigantescos cavalgamentos e carreamentos, em regra dirigidos para sul;
- 2º implantação de grandes batólitos graníticos, alongados paralelamente à frente de colisão.

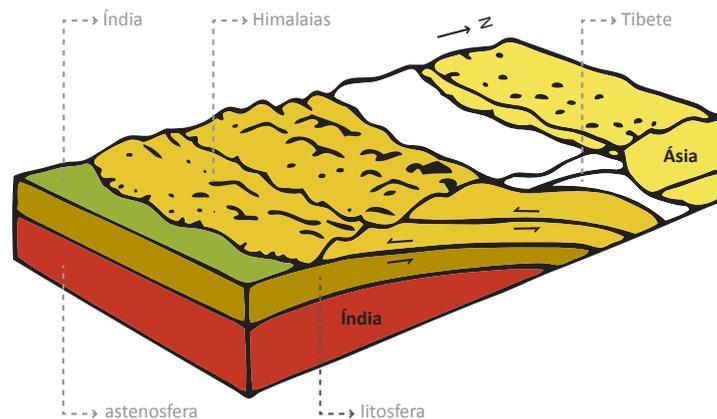


Figura 4.16. Representação esquemática de uma zona do globo em que a formação das cadeias montanhosas está associada a processos de colisão.

Problematizar

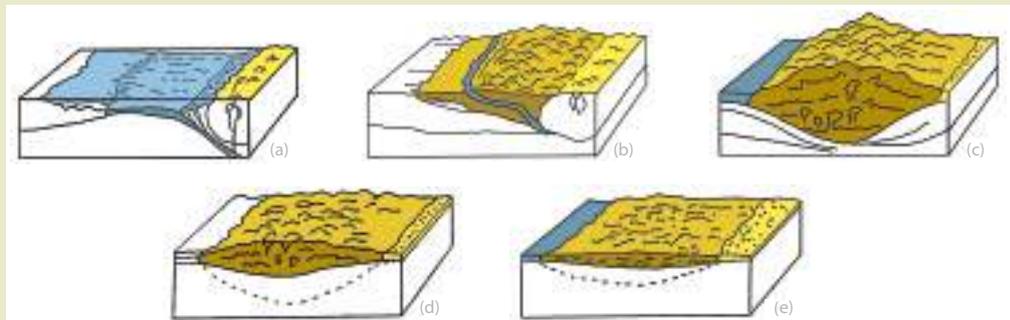
Como explicar a formação de montanhas e o seu “desaparecimento”?

Atividade 4.4

Com base nas Figuras da página seguinte, responde às questões que se apresentam em seguida.

1. Ordena os esquemas da figura, de modo a traduzir a sequência correta dos acontecimentos.
2. Identifica o tipo de cadeia montanhosa representada no esquema (c), tendo em conta os processos envolvidos na sua formação. Fundamenta a resposta.
3. Explica a formação de uma planície a partir de uma montanha.

4. O monte Tata Mai Lau tem uma altitude de 2963 metros. Considera que ele está a ser erodido a um ritmo de 35 centímetros cada 1000 anos e que as condições não vão ser alteradas.
- 4.1. Prevê a altitude do monte dentro de três milhões de anos.
- 4.2. Discute os fatores que poderão fazer com que a tua previsão não se venha a verificar.
5. Partilha e discute, com a turma e professor, a resposta que deste às diferentes questões.



Esquema relativo a diferentes etapas da formação de uma cadeia montanhosa e sua evolução

O relevo de Timor-Leste e a modelação da paisagem

O território timorense é caracterizado por ser bastante montanhoso, como aprofundarás no 11º ano. A maior parte do território fica acima dos 300 metros de altitude. Na figura 4.17 estão assinaladas zonas com diferentes altitudes e sua distribuição. Para ficares a conhecer melhor o relevo que caracteriza o território timorense e compreenderes de que modo este pode condicionar a modelação das paisagens, realiza a Atividade 4.5.

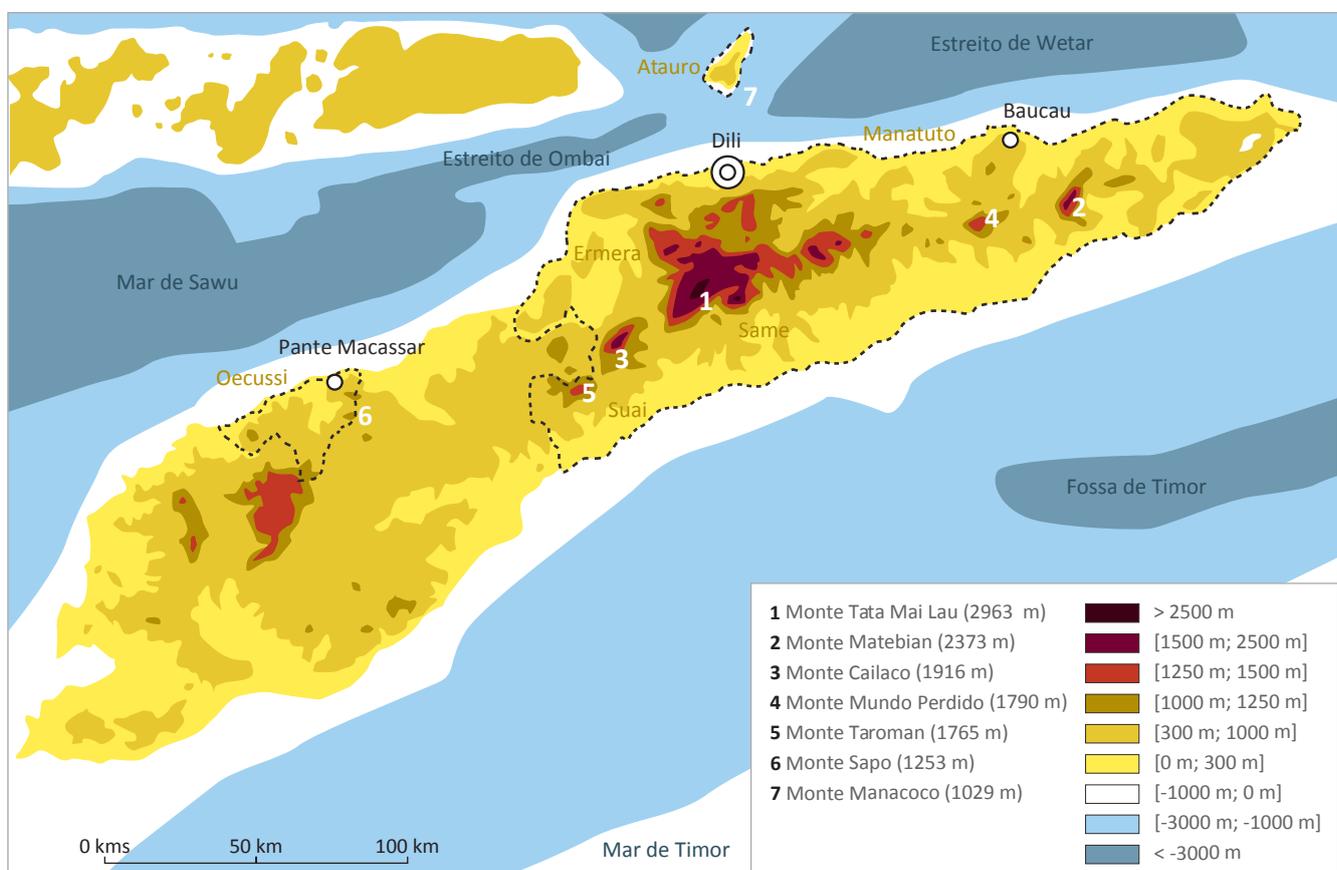


Figura 4.17. Relevo de Timor-Leste.



Problematizar

Como podemos caracterizar o relevo de Timor-Leste?

Que fatores contribuem para a sua alteração?

Atividade 4.5

1. Com base na Figura 4.17, indica a localização, no território timorense, das zonas:
 - 1.1. de montanha;
 - 1.2. de planície.
2. As montanhas e as planícies de Timor-Leste não se mantêm imutáveis ao longo do tempo. Elas vão sofrendo alterações, algumas delas provocadas por agentes externos. Apresenta uma explicação para a modelação das paisagens timorenses, tendo em conta:
 - 2.1. o clima na região;
 - 2.2. a topografia do território;
 - 2.3. os processos geológicos envolvidos.
3. Partilha e discute na turma o trabalho realizado.

Síntese

- O dinamismo interno do planeta Terra pode originar processos de deformação nos materiais rochosos.
- A deformação é o resultado da atuação de estados de tensão, ao longo do tempo, nas rochas.
- As dobras e as falhas são estruturas geológicas que testemunham fenómenos de deformação em regime dúctil e em regime frágil, respetivamente.
- As falhas podem ser provocadas por forças distensivas ou compressivas; as primeiras originam falhas normais e as segundas falhas inversas. As falhas podem também ser de desligamento quando a deslocação dos blocos se dá na horizontal.
- As falhas podem ser visíveis na paisagem, associadas muitas vezes a graben e horst.
- As dobras podem ser classificadas atendendo a critérios como: posição da concavidade da dobra (antiforma e sinforma); idade das rochas localizadas no núcleo da dobra (anticlinal, sinclinal); inclinação do plano axial (dobra deitada, tombada, inclinada, direita) e espessura dos estratos após a deformação (dobra similar ou dobra isópaca).
- Os níveis estruturais (superior, médio e inferior) correspondem a diferentes condições de deformação das rochas, que se traduzem na formação de diferentes estruturas geológicas.
- As grandes cadeias montanhosas podem ser de subducção, obducção e de colisão e estão associadas a movimentos tectónicos.
- A tectónica e a erosão são os processos geológicos que mais condicionam a modelação das paisagens.

Questões em aberto

Não é fácil prever qual é a natureza da deformação de materiais rochosos a grandes profundidades, com condições de temperatura e pressão muito elevadas. A experimentação laboratorial vai ajudando; mas como reproduzir em laboratório processos de que nem sequer sabemos bem qual é a duração real?

Sítios Web úteis

<http://www.education.com/science-fair/>

<http://www.freewebs.com>

<http://earthsci.org/education/teacher>

<http://mhs.wcpss.net>

<http://nestanet.org>

<http://geology.com/teachers>

Avaliação

Para avaliares os conhecimentos que construiste sobre “Deformação das rochas: a força da Terra”, responde às questões que se seguem.

1. Com base nos dados fornecidos na figura A:
 - 1.1. identifica a estrutura geológica representada pela letra X;
 - 1.2. apresenta uma explicação para a sua formação;
 - 1.3. indica o nível estrutural onde é mais provável encontrar esse tipo de estrutura.
 - 1.4. explica as diferenças encontradas entre as estruturas representadas nas figuras A e B.

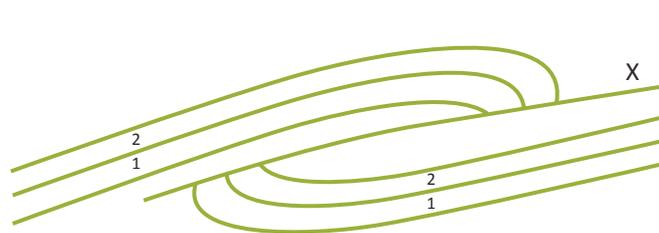


Figura A

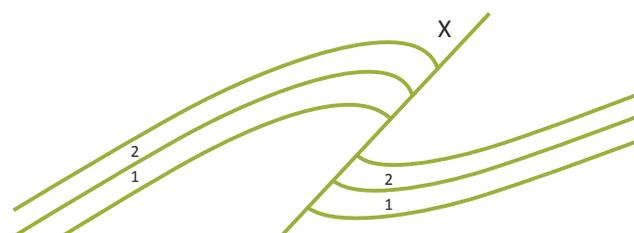
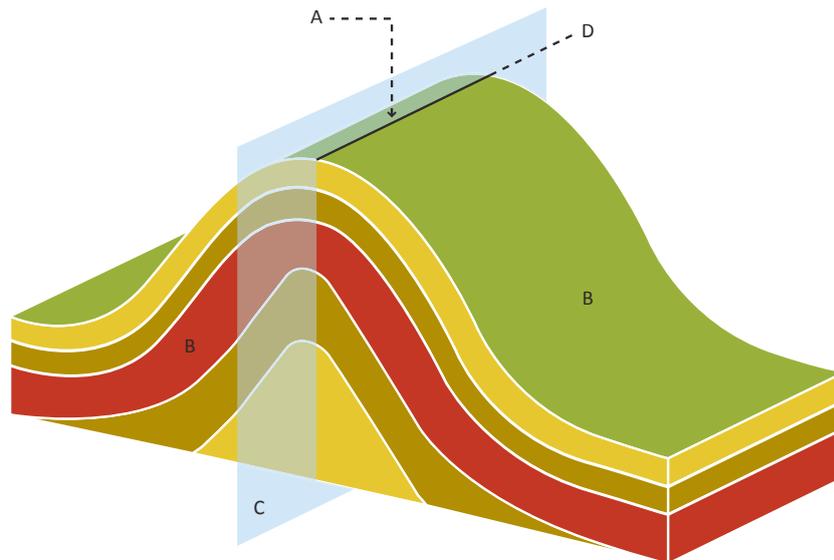


Figura B

2. Justifica cada uma das afirmações seguintes.

A deformação das rochas é um processo geológico que se encontra associado à formação de cadeias de montanhas e a génese de uma dobra implica:

 - ocorrência em regime dúctil;
 - ocorrência em regime frágil;
 - ocorrência em nível estrutural superior;
 - existência de tensões do tipo distensivo.
3. O esquema da página seguinte representa um anticlinal.
 - 3.1. Identifica os elementos de dobra assinalados no esquema com as letras (A, B, C e D).
 - 3.2. Distingue um anticlinal de um sinclinal.
4. Estabelece duas semelhanças e duas diferenças entre cadeias de subducção, obducção e colisão.
5. Formula duas questões que o estudo da “Deformação das Rochas” te tenha colocado.
6. Elabora um mapa com os conceitos-chave desta unidade temática.



Aprofundamento

As falhas e as dobras. Em relação à deformação a que as rochas estão sujeitas, podem considerar-se dois grandes tipos: temporária e permanente.

Aprendemos, com os físicos, que os fluidos são substâncias que se encontram acima do seu ponto de congelação e por isso fluem; e que os sólidos são substâncias que se encontram abaixo do seu ponto de congelação e por isso são rígidas e não fluem. “Sólido como uma rocha”, dizemos frequentemente. E no entanto todos podemos ver estratos sedimentares dobrados e mármore com faixas retorcidas que lembram manchas de óleo em movimento. Como explicar estas surpreendentes situações reais?

Alonguemos uma mola em hélice (Figura 2.22, da Unidade Temática 2). Ela deforma-se. Se a largarmos, ela regressa ao seu estado original. A deformação que sofreu foi temporária. O caso mais comum de deformação temporária é a deformação elástica, como na mola em hélice. Neste caso, a cada aumento do stress (força por unidade de superfície) corresponde um aumento proporcional do alongamento da mola. Quando a força desaparece, a mola recupera a sua forma original.

As deformações permanentes são irreversíveis. Em regra são precedidas por uma deformação temporária (elástica). Há 3 tipos bem conhecidos de deformação permanente: frágil, dúctil e viscosa.

- Deformação frágil (Figura 4.18A) – após uma etapa de deformação elástica ocorre um colapso repentino da amostra testada (neste caso um cilindro rochoso). Este colapso da-se quando a limite de elasticidade da rocha (LE) é ligeiramente ultrapassado. A rocha parte-se literalmente ao meio segundo um plano paralelo à direção da força compressiva. As duas partes afastam-se perpendicularmente aquela direção.
- Deformação dúctil (Figura 4.18B) – após um período de deformação elástico, segue-se uma deformação permanente para níveis cada vez mais elevados de força aplicada. O cilindro rochoso começa por inchar a partir do limite de elasticidade e acaba por se romper ao longo de um ou múltiplos planos de deslizamento oblíquos (cisalhamento) à direção de compressão.
- Deformação viscosa (Figura 4.18C) – o cilindro da experiência é submetido a uma compressão a temperatura elevada e durante um longo intervalo de tempo. Ultrapassado o limite de elasticidade, a rocha começa a fluir (o cilindro achata-se), conservando a sua solidez e resistência mecânica. É por isso que as rochas de metamorfismo elevado exibem aspetos de fluência no estado sólido. O mesmo se passará no manto, com as supostas correntes de convecção.

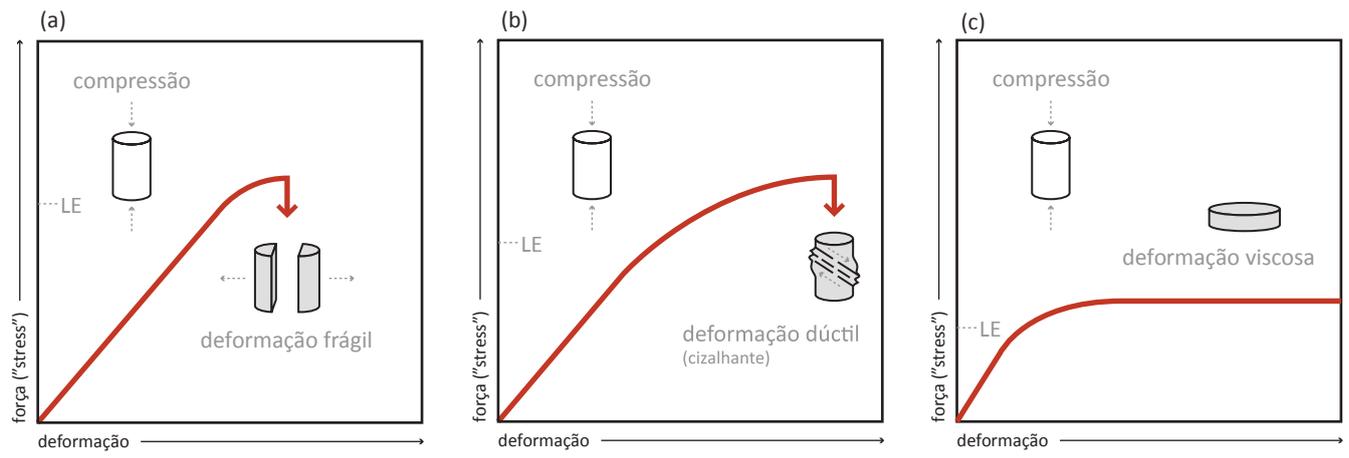


Figura 4.18.

União
Planeta
magma
Rocha
Sistema Solar
metamorfismo
Universo
metamorfismo

Glossário

Glossário

- Acreção planetária** Processo pelo qual corpos sólidos se agregaram, na nébula solar primitiva, para formar os planetas.
- Alfred Wegener** (1880-1930) Meteorologista alemão, é o autor da teoria da “deriva continental”.
- Anatexia** Fusão parcial ou total de uma rocha da crosta por ultrametamorfismo.
- Ano-luz** Distância percorrida pela luz no vácuo durante um ano à velocidade aproximada de 300 mil km/s.
- Anomalia magnética** Variação local no campo magnético da Terra, que se exprime sob a forma de faixas paralelas no fundo dos oceanos.
- Anticlinal** Antiforma em que o núcleo é ocupado pelas camadas mais antigas.
- Antiforma** Dobra cuja concavidade ou abertura está voltada para baixo.
- Arco de Banda** O mesmo que (m.q.) Arco de Sonda e Arco da Indonésia.
- Arcos insulares** Conjuntos de ilhas que se distribuem num ou mais alinhamentos geralmente curvos formando arcos.
- Arquipélago Malaio** O m.q. Insulíndia.
- Arthur Holmes** (1890-1965) Geólogo inglês, autor das obras *The age of the Earth* (1913) e *Principles of Physical Geology* (1944). Precursor da Tectónica de Placas.
- Astenosfera** Camada plástica de rocha sólida correspondendo à parte inferior do manto superior.
- Asteróide** Corpo rochoso de forma irregular que se desloca geralmente entre as órbitas de Marte e Júpiter.
- Auréola metamórfica** Zona de rochas metamórficas formadas no contacto de uma intrusão magmática com as rochas encaixantes.
- Baixa-mar** O m.q. maré baixa. Nível mínimo de uma maré vazante.
- Batólito** Grande massa irregular de rochas plutónicas, em geral superior a 100 quilómetros quadrados.
- Brecha lunar** Rocha da Lua composta de muitos fragmentos angulosos de rochas ígneas (ex.: basalto, anortosito) ou de outras brechas.
- Carreamento** Cavalgamento com deslizamento extenso e sub-horizantal.
- Cavalgamento** Falha inversa em que ocorre a sobreposição de camadas mais antigas sobre camadas mais jovens.
- Cadeias de colisão** Cadeias que resultam da aproximação e posterior choque de duas margens continentais.
- Cadeias de obducção** Formam-se quando a crosta oceânica cavalga a crosta continental numa zona de subducção.
- Cadeias de subducção** Cadeias formadas quando uma placa (oceânica) mergulha sob uma placa continental ou um arco insular.
- Carbónico** O m.q. Carbonífero. Intervalo de tempo geológico, entre o Devónico e o Pérmico, que corresponde ao período de 360-268 milhões de anos (Ma).
- Ciclo das rochas** Conjunto de processos geológicos que transformam os três grandes tipos de rochas uns nos outros.
- Cimentação** Preenchimento dos poros dos sedimentos devido à precipitação de substâncias dissolvidas nas águas de circulação.
- Clivagem** Tendência de alguns minerais a partirem segundo superfícies planas.
- Cometa** Corpo de gelo e poeiras, com cauda gasosa, que orbita o Sol e que vem dos confins do Sistema Solar.
- Compactação** Redução de volume do sedimento sujeito a compressão provocada pelo peso dos sedimentos que se lhe sobrepõem.
- Corrente de convecção** Movimentos de massa que afetam materiais do manto devido a variações de temperatura.
- Cristal** Porção de matéria mineral cujos átomos, iões ou moléculas estão organizados geometricamente nas diferentes direções do espaço e em que a ordem interna se reflete na forma externa do mineral.
- Cristalização fracionada** Processo de diferenciação magmática decorrente da cristalização progressiva de minerais diversos a partir de um magma basáltico. À medida que a temperatura vai baixando, cristalizam primeiro os minerais com ponto de fusão mais alto.
- Crosta continental** Parte superficial da litosfera, de natureza em grande parte granítica, que tem espessura média de 30-35 quilómetros, podendo atingir 70 quilómetros nas zonas das grandes montanhas.
- Crosta** O m.q. crosta. Tem uma espessura entre 6 e 70 km (6 a 12 km nas zonas oceânicas, e até 70, com 30-35 de média, sob os continentes). Tem densidade de 2,7 (para a continental) a 3,0 (para a oceânica).
- Crosta oceânica** Parte superficial da litosfera, de natureza basáltica, mais densa que a crosta continental. Tem geralmente uma espessura de 6-7 km.
- Deformação** Modificação da forma e do volume de um corpo sob a ação de forças aplicadas.
- Densidade** A razão entre a massa e o volume de uma substância. A densidade das rochas aumenta com a profundidade.
- Deposição** Acumulação de sedimentos transportados por água, vento e gelo, à medida que a capacidade de transporte vai diminuindo.
- Descontinuidade de Mohorovicic** O m.q. descontinuidade de Moho. Deve o nome ao geofísico Andrija Mohorovicic (1857-1936) que a descobriu. Corresponde à fronteira entre a crosta e o manto, descontínua, que varia, em profundidade, de 6-7 km nos fundos dos oceanos até 70 km nas zonas continentais.
- Diaclases** O m.q. juntas. Fendas das rochas provocadas por tensões internas da crosta, por descompressão ou arrefecimento.
- Diagénesese** Evolução dos sedimentos após a deposição, em que intervêm processos físicos e químicos mais ou menos complexos. Termina, por convenção, com o início do metamorfismo.

- Dobra** Deformação que ocorre nas rochas e que resulta do arqueamento de camadas rochosas, inicialmente planas, com comportamento dúctil, pela ação de tensões compressivas.
- Dorsal meso-oceânica** O m.q. dorsal submarina, dorsal oceânica e crista média oceânica. Corresponde a grandes cadeias de montanhas submersas no oceano, que se originam do afastamento das placas tectônicas.
- Elementos-traço** Elementos cuja abundância na crosta terrestre é inferior a 0,1%.
- Endosfera** O m.q. núcleo. Há indícios que apontam para a parte interna do núcleo ser sólida (com diâmetro de 2530 km). A densidade é de 12 a 18 g/cm³, com temperaturas à volta dos 300° C. O núcleo externo (com diâmetro de 6930 km) estará no estado líquido, intensamente quente (cerca de 2500° C) e submetida a uma grande pressão. A densidade é de 10 a 12 g/cm³. O magnetismo da Terra produz-se no núcleo interno. A descontinuidade de Lehman separa os dois núcleos.
- Epicentro** Ponto da superfície terrestre mais próximo do hipocentro.
- Equinócio** Instante em que o Sol, na sua órbita aparente, cruza o plano do equador celeste. A data dos equinócios varia de um ano para outro devido aos anos trópicos.
- Erosão** Remoção dos materiais que resultam da meteorização das rochas.
- Erupção tipo estromboliano** Erupção de natureza efusiva, com explosões, com lava menos fluida que no tipo havaiano, pobre em gases. Forma escoadas curtas e emite piroclastos.
- Erupção tipo havaiano** Erupção de natureza efusiva, com lava muito fluida, muito pobre em gases. Forma rios de lava e geralmente não emite piroclastos.
- Erupção tipo pliniano** Erupção muito explosiva, lava muito viscosa, rica em gases. Forma um domo, em regra com agulha vulcânica.
- Erupção tipo surtseyano** Erupção subaquática, explosiva, com emissão de piroclastos.
- Estratificação gradada** Estrutura sedimentar caracterizada pela diminuição do tamanho do grão da parte inferior para a parte superior do estrato.
- Estratos** Camadas sobrepostas de sedimentos e rochas, geralmente paralelas, que se distinguem pela espessura, pela composição e pela cor.
- Estrutura cristalina** Designação dada à forma regular como estão espacialmente ordenados os átomos ou moléculas que constituem um mineral.
- Estrutura sedimentar** Figuras impressas nas rochas que refletem o processo de formação (sedimentação e diagénese).
- Fácies metamórfica** Conjunto de rochas metamórficas que se formaram sob idênticas condições de P-T, independentemente da rocha original.
- Fatores de metamorfismo** Agentes responsáveis pela transformação das rochas pre-existentes em rochas metamórficas, sobretudo pressão, temperatura e tempo.
- Falha** Fratura das camadas geológicas segundo um plano, ao longo do qual ocorreu movimento relativo dos blocos contíguos.
- Falha de desligamento** Falha em que os blocos se deslocam lateralmente e paralelamente ao plano de falha.
- Falha inversa** Falha em que o teto sobe em relação ao muro.
- Falha normal** Falha em que o teto desce em relação ao muro.
- Filão** Modo de jazida de minérios ou de rochas magmáticas caracterizado pela forma alongada e estreita, ocupando fissuras de rochas.
- Fluorescência** Capacidade de uma substância absorver e emitir radiações luminosas.
- Foliação** Aspeto textural característico de rochas formadas através de processos metamórficos, resultante do alinhamento planar mais ou menos grosseiro de certos minerais.
- Fóssil** Vestígios de seres vivos pré-históricos ou testemunhos da sua existência.
- Fratura** Separação ou descontinuidade de uma rocha, em função do tensão a que foi submetida.
- Galáxia** É um sistema composto por numerosos corpos celestes (ex.: estrelas e planetas), com matéria gasosa dispersa e animado por movimento.
- Galileo Galilei (1564-1642)** Físico, astrónomo e matemático italiano, considerado o pai da ciência moderna.
- Geocientista** Especialista em ciências relacionadas com a Terra (geografia física, geologia, geofísica, etc.)
- Geodesia** É um ramo das Geociências e uma engenharia, que trata do levantamento e da representação da forma e da superfície da Terra, global e parcial, com as suas feições naturais e artificiais e o campo gravitacional.
- Geóide** Modelo físico da forma da Terra. A sua superfície é mais irregular do que o elipsóide de revolução, usado habitualmente para aproximar a forma do planeta, mas consideravelmente mais suave do que a própria superfície física terrestre.
- Geosfera** Designação que apela ao corpo sólido da Terra, em contraste com a hidrosfera e a atmosfera.
- Graben** Depressão de origem tectónica, geralmente com a forma de um vale alongado com fundo plano, formada quando um bloco se afunda em relação à área circundante como resultado de movimentos distensivos.
- Gradiente geotérmico** O m.q. Geoterma. Variação da temperatura com a profundidade, na Terra.
- Harry Hess (1906-1969)** Geólogo americano oficial na II Guerra Mundial. Foi professor de Princeton (EUA). É considerado um dos fundadores da teoria unificadora da Tectónica de Placas. A sua teoria ficou conhecida por “alastramento do fundo oceânico”.
- Hipocentro** O m.q. foco. Ponto ou região do interior da litosfera de onde se origina o sismo. Quando o hipocentro se situa perto da superfície, o sismo manifesta-se com movimento intenso no epicentro. Quando o hipocentro é mais profundo, o sismo

- manifesta-se por movimento reduzido no epicentro, mas com larga distribuição.
- Hipótese nebular** Foi sugerida em 1755 pelo filósofo alemão Immanuel Kant e desenvolvida em 1796 pelo matemático francês Pierre-Simon Laplace, desenvolvida modernamente pelo físico alemão Carl von Weizsäcker.
- Horst** Elevação limitada por falhas que resulta da movimentação ascendente de um bloco em relação à área circundante
- Húmus** Matéria orgânica depositada na parte superior do solo, resultante da decomposição de animais e plantas mortas, ou dos seus subprodutos.
- Lava** Designação dada ao material rochoso em fusão que um vulcão expete durante uma erupção.
- Lineação** Qualquer estrutura linear pertencente a uma rocha.
- Litosfera** Camada externa e rígida do planeta. A sua espessura é variável, com uma média de 100 km.
- Lixiviação** Processo de extração de uma substância presente em componentes sólidos através da sua dissolução num líquido.
- Luas** O m.q. satélites. Têm muitas formas, tamanhos e tipos. Em geral, são corpos sólidos e poucas têm atmosfera. A maioria das luas dos planetas formaram-se, provavelmente, a partir de discos de gás e de poeira que circulavam à volta dos planetas nos primórdios do Sistema Solar.
- Macroelementos** Elementos cuja abundância na crosta terrestre é superior a 1%.
- Magma** Designação dada ao material rochoso em fusão, incluindo gases dissolvidos e cristais em suspensão. Pode cristalizar em profundidade ou atingir a superfície nas zonas vulcânicas.
- Magnetismo** Capacidade que alguns minerais têm de atrair outros.
- Magnetómetro** Instrumento usado para medir a intensidade, direção e sentido de campos magnéticos na sua proximidade.
- Manto** Camada com perto de 2900 km de espessura, situada entre a crosta e o núcleo. Tem densidade de 3,5 a 5,5 g/cm³.
- Mapa geológico** O m.q. carta geológica. Mapa onde estão representadas as informações geológicas da superfície da Terra.
- Maré** Variação do nível das águas do mar causada pela interferência gravitacional da Lua e do Sol sobre o campo gravítico da Terra.
- Mês sideral** Corresponde ao tempo decorrido entre duas conjunções sucessivas da Lua com uma mesma estrela, ou seja, 27,321661 dias.
- Mesosaurus** Réptil de pequeno tamanho (cerca de 40 cm), que viveu durante o Pérmico Inferior.
- Mesosfera** O m.q. manto inferior. Encontra-se entre os 650-700 km e os 2900 km.
- Metamorfismo de contacto** Metamorfismo experimentado pelas rochas adjacentes a uma intrusão magmática.
- Metamorfismo** Processo da dinâmica interna através do qual qualquer tipo de rocha experimenta um conjunto de transformações mineralógicas e estruturais, mantendo-se no estado sólido.
- Metamorfismo regional** Metamorfismo que afeta grandes extensões da crosta e está, em geral, associado à génese de cadeias montanhosas.
- Meteor** Expedição alemã realizada entre 1925 e 1927.
- Meteorito** Fragmento de asteroide ou de qualquer material extraterrestre que atinge a superfície da Terra.
- Meteoritos férreos** O m.q. sideritos. Correspondem a cerca de 4,5% dos meteoritos coletados.
- Meteoritos pétreos** O m.q. aerólitos. Cerca de 94% dos meteoritos encontrados.
- Meteoritos petroféreos** O m.q. siderólitos. Cerca de 1,5% dos meteoritos catalogados.
- Meteorização** Conjunto de processos *in situ*, desencadeados por agentes externos que conduzem à desagregação física e à alteração química das rochas e dos minerais que as constituem.
- Meteorização física** Degradação mecânica das rochas.
- Meteorização química** Alteração química dos minerais que constituem as rochas, transformando-os em minerais mais estáveis à superfície.
- Meteoro** A tradição popular chama-lhes de estrelas cadentes. São estrias luminosas no céu que resultam do atrito provocado pela atmosfera terrestre à passagem de meteoritos.
- Meteoróides** Fragmentos de materiais que vagueiam pelo espaço com dimensões geralmente inferiores às de um asteroide.
- Método direto** Permite obter dados através da utilização directa, como é o caso da observação directa da superfície terrestre.
- Método indireto** Permite obter dados sobre a estrutura interna da Terra com a interpretação de dados indirectamente (como, por exemplo, geofísicos e planetológicos).
- Migmatito** Mistura de rocha magmática e metamórfica produzida por fusão incompleta no interior da crosta continental.
- Mina** Escavação a céu aberto ou subterrânea, para extração de substâncias minerais.
- Mineral** Corpo sólido, natural, com composição química definida ou variável dentro de certos limites, inorgânico e com textura cristalina característica.
- Mineral félsico** Mineral geralmente de cor clara, rico em potássio, sódio e sílica.
- Mineral máfico** Mineral geralmente de cor escura, rico em ferro e magnésio.
- Monoclinal** Sequência inclinada de rochas estratificadas.
- Nível estrutural** Zona no interior da crosta continental em que se mantém semelhantes os mecanismos dominantes da deformação, originando o mesmo tipo de estruturas geológicas.
- Núcleo** Região mais profunda da Terra. É esférico, com um raio de cerca de 3470 km.

Núcleo líquido Foi proposto pelo geólogo irlandês Richard Dixon Oldham (Figura 2.52), em 1906, sugerindo que a Terra possuía um núcleo líquido (atualmente designado de núcleo externo).

Ofiolito Associação de rochas interpretada como fatias de crosta oceânica e manto superior. Encontra-se entre rochas continentais, geralmente associada com sedimentos marinhos na zona de colisão de placas.

Oligoelementos Elementos cuja abundância na crosta terrestre varia entre 1% e 0,1%.

Onda sísmica Vibração do terreno que se propaga através da Terra, geralmente como consequência de um sismo, ou devido a uma explosão. Estas ondas são estudadas pelos sismólogos, e registadas por sismógrafos.

Ondas L O m.q. ondas Love.

Ondas P O m.q. ondas primárias ou longitudinais. Consideram-se valores típicos de velocidade 330 m/s no ar, 1450 m/s na água e 5000 m/s no granito.

Ondas R O m.q. ondas Rayleigh

Ondas S O m.q. ondas secundárias, transversais ou *shear*. Uma boa analogia para este tipo de ondas é a corda de uma guitarra que é posta a vibrar. A sua velocidade é menor em cerca de 60% que a das ondas P. Nos granitos, por exemplo, é de cerca de 3 km/h. Contudo, a energia do seu movimento é várias vezes superior, causando muitos mais danos que as ondas P.

Paleontólogos Cientistas que se ocupam do estudo dos fósseis.

Peridotitos Rochas ultrabásicas e ultramáficas granulares, com olivina e piroxena. São rochas características do manto terrestre.

Piroclastos Fragmentos de rocha sólida que são expelidos para o ar durante uma erupção vulcânica.

Placa tectónica O m.q. placa litosférica. Porção da litosfera independente e maciça. Cada placa goza de uma certa liberdade para se mover independentemente das placas que a rodeiam. Podemos pensar que, seguindo o exemplo das grandes calotas de gelo no mar polar, as placas litosféricas estão separadas em alguns locais e podem chocar entre si. O modelo das calotas polares é interessante para que entendamos estes movimentos; contudo, não o poderemos levar demasiado longe, porque não traduz, com fidelidade, o modelo real das placas litosféricas.

Planeta Corpo celeste que orbita uma estrela. Tem rotação em torno de si próprio.

Planetas jupiterianos O m.q. planetas exteriores, gigantes ou jovianos. São os que ficam mais distantes do Sol e com dimensões bastante superiores às dos planetas telúricos. São compostos maioritariamente de gás.

Planetas telúricos O m.q. planetas terrestres, interiores ou sólidos. São planetas semelhantes à Terra, constituídos essencialmente por materiais sólidos e com diâmetro inferior ou próximo do da Terra.

Planetesimais São, segundo a hipótese nebular, pequenos corpos (diâmetro com cerca de 0,1-10 km) que teriam resultado da aglutinação de corpos mais pequenos.

Preia-mar O m.q. maré alta. Nível máximo de uma maré cheia.

Relevo cársico Relevo característico das zonas calcárias, provocado pela dissolução do carbonato de cálcio.

Rifte axial Depressão em forma de trincheira, que passa precisamente debaixo da linha média da parte mais elevada da dorsal.

Rocha Associação natural de minerais.

Rocha carbonatada Rocha formada, na maioria das vezes, através da precipitação química de carbonato de cálcio, em solução aquosa.

Rocha detrítica Rocha sedimentar predominantemente constituída por minerais e/ou fragmentos rochosos que resultaram de processos de erosão de rochas preexistentes.

Rocha magmática ou ígnea Rocha que resulta da consolidação de material fundido de composição essencialmente silicatada.

Rocha metamórfica Rocha que resulta de transformações físicas e químicas sofridas por outras rochas, no interior da Terra, sem que ocorra fusão do material

Rocha plutónica ou intrusiva Rocha que resulta da consolidação do magma em profundidade.

Rocha sedimentar Rocha que resulta da deposição, e posterior soterramento, de materiais provenientes da erosão de rochas mais antigas expostas à superfície da Terra.

Rocha vulcânica ou extrusiva Rocha que resulta da consolidação do magma à superfície da Terra.

Rotação Movimento de um planeta em torno de um eixo imaginário que liga o Pólo Norte ao Pólo Sul, segundo uma determinada inclinação.

Sinclinal Sinforma em que o núcleo é ocupado pelas rochas mais recentes.

Sinforma Dobra cuja abertura está voltada para cima.

Sismo O m.q. terramoto ou abalo sísmico. Vibração brusca e passageira da superfície da Terra, resultante de movimentos subterrâneos de placas rochosas, de atividade vulcânica, ou por deslocamentos (migração) de gases no interior da Terra, principalmente metano. O movimento é causado pela libertação rápida de grandes quantidades de energia sob a forma de ondas sísmicas.

Sismógrafo Instrumento para registar a intensidade, hora e duração dos sismos.

Sismograma Registo, geralmente em papel feito pelos sismógrafos, dos movimentos do solo.

Sol Enorme esfera de gás incandescente. Quase todas as religiões da antiguidade, mas especialmente os Egípcios e os Incas, desenvolveram o culto do Sol. Em muitos locais chegou mesmo a ser venerado como divindade.

Solo Produto da meteorização, geralmente não consolidado, que recobre, em parte, a superfície terrestre emergida. Contém minerais argilosos e matéria orgânica. É onde as plantas se podem desenvolver.

Solstício Instante em que o Sol, durante o seu movimento aparente na esfera celeste, atinge a maior declinação em latitude. Em 2012 e 2016 o solstício de junho dá-se em 20 de junho. De 2012 a 2014 e em 2016 e 2017 o solstício de dezembro ocorre no dia 21.

Sondagem Processo de perfuração das rochas, através do qual é muitas vezes possível recolhê-las na forma de um cilindro – testemunho. Pode ter vários objetivos, desde a caracterização de uma determinada secção de material rochoso, prospeção de minérios ou de água, estudos petrológicos ou paleontológicos, entre outros.

Tectónica de Placas Teoria que descreve e procura explicar os movimentos horizontais e verticais dos fragmentos /placas da litosfera terrestre.

Tectónica Global Para uns sinónimo de Tectónica de Placas. Para outros é uma teoria mais geral, ainda mal definida, que incluiria a Tectónica de Placas.

Teoria da deriva dos continentes A ideia de que os continentes, enquanto fragmentos da crosta continental, flutuavam sobre os materiais que hoje se considera manto superior, tinha sido proposta por outros autores, como Francis Bacon (séc. XVI), Benjamin Franklin (séc. XVIII) e Antonio Snider Pellegriani (1858). Wegener foi, porém, o primeiro a torná-la debate científico.

Teoria orogénica Teoria explicativa da formação de uma cordilheira montanhosa.

Textura afanítica Os componentes da rocha magmática não se distinguem a olho nu nem com a ajuda de uma lupa de bolso. Há quem prefira considerar textura afanítica como equivalente a textura de grão fino

Textura Aspeto geral da rocha resultante das dimensões, formas e arranjos dos minerais que a constituem.

Textura fanerítica Todos os cristais de rocha são visíveis a olho nu ou à lupa.

Textura vítrea Os componentes da rocha magmática não estão cristalizados.

Translação Movimento realizado pelos planetas principais em torno do Sol, segundo uma órbita elítica.

Ultrametamorfismo Metamorfismo que ocorre em condições extremas de pressão e temperatura.

Unidade astronómica Definida como a distância média entre a Terra e o Sol.

Universo É constituído por tudo o que existe fisicamente (o espaço e todas as formas de matéria e energia).

Via Láctea Galáxia onde está localizado o nosso Sistema Solar. A galáxia mais próxima da Via Láctea chama-se Andrómeda (NGC 224), que dista 2,5 milhões anos-luz.

Vulcão Estrutura geológica criada quando o magma, sob a forma de lava, gases e partículas quentes (como cinzas) escapam para a superfície terrestre.

Xistosidade Aspeto de uma rocha metamórfica em camadas ou lâminas, paralelas ou curvas, segundo superfícies de maior

debilidade que, em regra, não coincidem com as superfícies de estratificação.

Zona de sombra sísmica Zona entre 103° e 143° a partir do epicentro de um sismo, na qual as ondas sísmicas diretas não são registadas. Isto deve-se à sua refração e absorção pelo núcleo terrestre.

Zonas de subducção O m.q. que zonas de Benioff-Wadati, em homenagem aos sismólogos Hugo Benioff e Kiyoo Wadati. Corresponde às profundas fossas oceânicas existentes nas bordas de alguns continentes e são formadas pela convergência de placas tectónicas, em que uma delas desliza para baixo da outra.