

# Terra e Vida - *as origens da diversidade*

*Ciências da Terra para a Sociedade*



[www.yearofplanetearth.org](http://www.yearofplanetearth.org)

Prospecto relativo a um tema-chave do Ano Internacional do Planeta Terra 2007-2009



## Qual o propósito deste prospecto?

Este prospecto é relativo a um dos principais temas científicos a tratar no âmbito do Ano Internacional do Planeta Terra.

Descreve, de forma acessível, por que motivo este tema foi escolhido e qual a razão de toda a investigação com ele relacionada — e que o Ano Internacional espera apoiar — é de importância vital para a nossa compreensão do Sistema Terra e da sociedade.

O prospecto foi escrito por um conjunto de especialistas mundiais reunidos sob os auspícios do Comité do Programa Científico do Ano Internacional do Planeta Terra.

## Para saber mais...

Para saber mais acerca dos outros temas de investigação contemplados, é favor consultar [www.yearofplanetearth.org](http://www.yearofplanetearth.org) e [www.progeo.pt/aipt](http://www.progeo.pt/aipt) (onde podem ser encontradas todas as nossas publicações).

## O que fazer de seguida...

Se é um cientista que deseja desenvolver uma proposta de investigação sobre este tema, por favor visite o site [www.yearofplanetearth.org](http://www.yearofplanetearth.org), descarregue o formulário "*Expression of Interest (Science)*" adequado e siga as instruções ou envie-o para o Ano Internacional. Se não conseguir encontrar o formulário que pretende, isso significa que ainda não está em condições de ser disponibilizado. Neste caso, por favor, continue a visitar o *site*.

● **Proteger a biosfera é uma**

**responsabilidade de todos** ●

## Introdução

A biosfera é a “esfera viva” do Planeta Terra. A vida é a característica mais notável do nosso planeta, que o torna único no sistema solar. A evolução da vida e da biosfera começou há cerca de 4.2 mil milhões de anos e, há cerca de 2.7 mil milhões de anos, a vida desencadeou mudanças significativas na atmosfera, nos oceanos e na litosfera.

Compreender os múltiplos factores que controlam os mecanismos da vida é um objectivo comum aos paleontólogos e biólogos de todo o mundo. Esta investigação inclui pesquisa sobre o funcionamento e a estabilidade de ecossistemas do passado (paleoecossistemas), a compreensão da dinâmica da biodiversidade durante longos períodos de tempo e a previsão do futuro da biosfera. Todas estas questões estão intrinsecamente relacionadas, sendo necessário que paleontólogos, biólogos e geocientistas se juntem a fim de realizar um trabalho conjunto às escalas local, regional e global. A protecção da biosfera actual, quer para o avanço da sociedade humana quer como património natural da humanidade, é uma responsabilidade de todos.

Preservar o equilíbrio ecológico à escala global é um dos maiores problemas da sociedade. Se a biosfera deixar de poder suprir as necessidades nutricionais e económicas da humanidade, podem surgir situações catastróficas.

Os geocientistas compreendem que, quer os processos abióticos (físico-químicos), quer os bióticos, sustentam a evolução da vida.

Os paleontólogos têm qualificações específicas para avaliar os mecanismos da biosfera, ao analisar o passado remoto, avaliar o presente e, consequentemente, prever o futuro.

Nesse sentido, geocientistas, paleontólogos e biólogos são responsáveis, perante a sociedade, pela avaliação da biodiversidade e vitalidade dos ecossistemas, a quatro dimensões (em ordem ao espaço e ao tempo).

Esta condição explica o importante papel da investigação da biosfera no contexto do Ano Internacional do Planeta Terra, bem como a sua relevância no seio do vasto sistema Terra-Vida, o lar da humanidade.

A grande biodiversidade da Terra pode ser explicada pela sua evolução durante inimagináveis longos períodos de tempo. Os registos desta evolução encontram-se nas rochas e incluem fósseis de vários tipos de organismos, como bactérias, algas minúsculas, plantas e animais arcaicos com milhões (ou mesmo milhares de milhões) de anos. Os mais antigos registos de vida conhecidos até à data são algas fossilizadas, com 2,7 mil milhões de anos. Estes organismos possuíam a capacidade de produzir oxigénio livre que não existia, como tal, na atmosfera primitiva do nosso Planeta. Como resultado, uma atmosfera rica em oxigénio começou a desenvolver-se há cerca de 2 mil milhões de anos atrás, no início do Éon conhecido como Proterozóico.

Tapetes algais e montículos bacterianos dominaram os ecossistemas no Proterozóico durante cerca de 2 mil milhões de anos. Foi “apenas” há 600 milhões de anos que surgiram formas de vida mais complexas, de animais multicelulares, a famosa fauna Ediacara, assim chamada devido a ter sido primeiramente descoberta nos Montes Ediacara, no sul da Austrália.

## Quem esteve na origem do Ano Internacional do Planeta Terra?

**Proposto pela União Internacional das Ciências Geológicas (IUGS) em 2001, o Ano Internacional foi aceite, de imediato, pela Divisão das Ciências da Terra da UNESCO e, mais tarde, pela UNESCO e pelo Programa Internacional de Geociências da IUGS (IGCP).**

**O principal objectivo do Ano Internacional — demonstrar o enorme potencial que as Ciências da Terra possuem no estabelecimento de uma sociedade mais próspera, segura e saudável — explica o lema dado ao Ano Internacional: Ciências da Terra para a Sociedade.**

**Preservar o equilíbrio ecológico  
à escala global é um dos  
maiores problemas da sociedade**

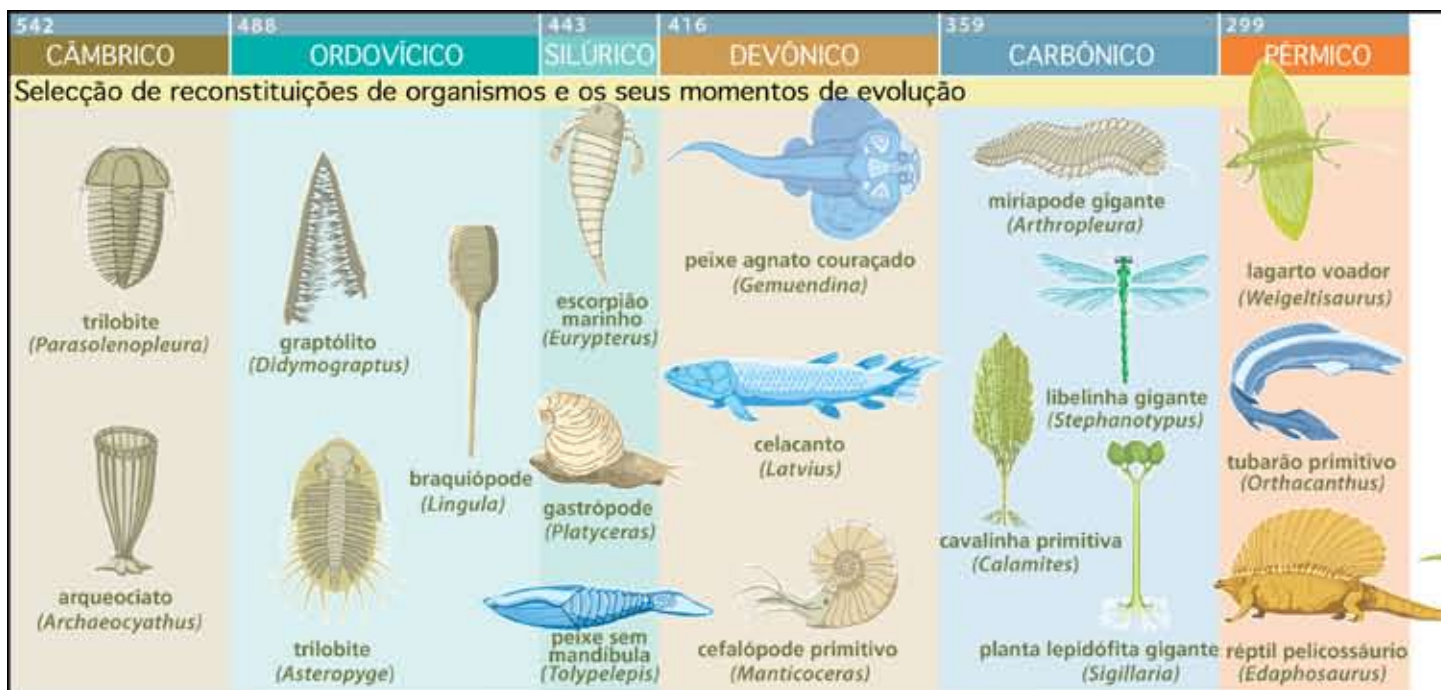
Este seres possuíam um corpo totalmente mole, o que significa que não tinham conchas ou outras partes biomineralizadas. Alguns assemelhavam-se a medusas, outros a penas-do-mar, enquanto outros eram como vermes. Muitos resistem a todas as tentativas de os posicionar no tronco evolutivo dos animais modernos, e qualquer tentativa de os agrupar num único conjunto coerente está provavelmente errada pois muitas entidades de Ediacara, representam formas de vida sem descendência conhecida. Contudo, dito isto, elas representam as primeiras experiências evolutivas de vida animal multicelular. O súbito aparecimento da fauna de Ediacara, depois de 2 mil milhões de anos dominados pelas algas, pode estar relacionado com a contínua acumulação de oxigénio livre na atmosfera.

A maior transformação operada na evolução dos modernos grupos animais operou-se com a denominada “Explosão Câmbrica”, que se iniciou há 542 milhões de anos. O desaparecimento dos seres de Ediacara, o rápido desenvolvimento de animais com esqueleto complexo e um incremento nas taxas de evolução são associados ao desenvolvimento de animais capazes de procurar alimento enterrado no sedimento e – o mais significativo de todos - predadores. Como consequência, muitos animais iniciaram uma “corrida ao armamento” evolutiva desenvolvendo carapaças duras, como conchas calcárias, para se protegerem. Contudo, uma vez desenvolvidas, essas partes duras permitiram às formas de vida que as possuíam maior agilidade na corrida, na natação e nas actividades de predação. O incremento no potencial de fossilização das partes duras também permitiu aos paleontólogos pistas adicionais para o estudo da vida, em termos de diversificação, adaptação e funcionamento.

Muitos organismos espectaculares evoluíram desde então. Durante o Período Câmbrico (542 – 488 milhões de anos), a vida estava restrita a ambientes aquáticos. Os primeiros vertebrados não tinham esqueleto ósseo, mas no Período Ordovícico surgiram peixes com espessas couraças externas.

*Evolução da vida na Terra durante o Fanerozóico*

*Ilustração: Christian Eisenberg, em colaboração com Paläontologische Gesellschaft*



● **Em vários períodos da história da Terra**  
**extinções em massa provocaram**  
**drásticas reduções na biodiversidade** ●

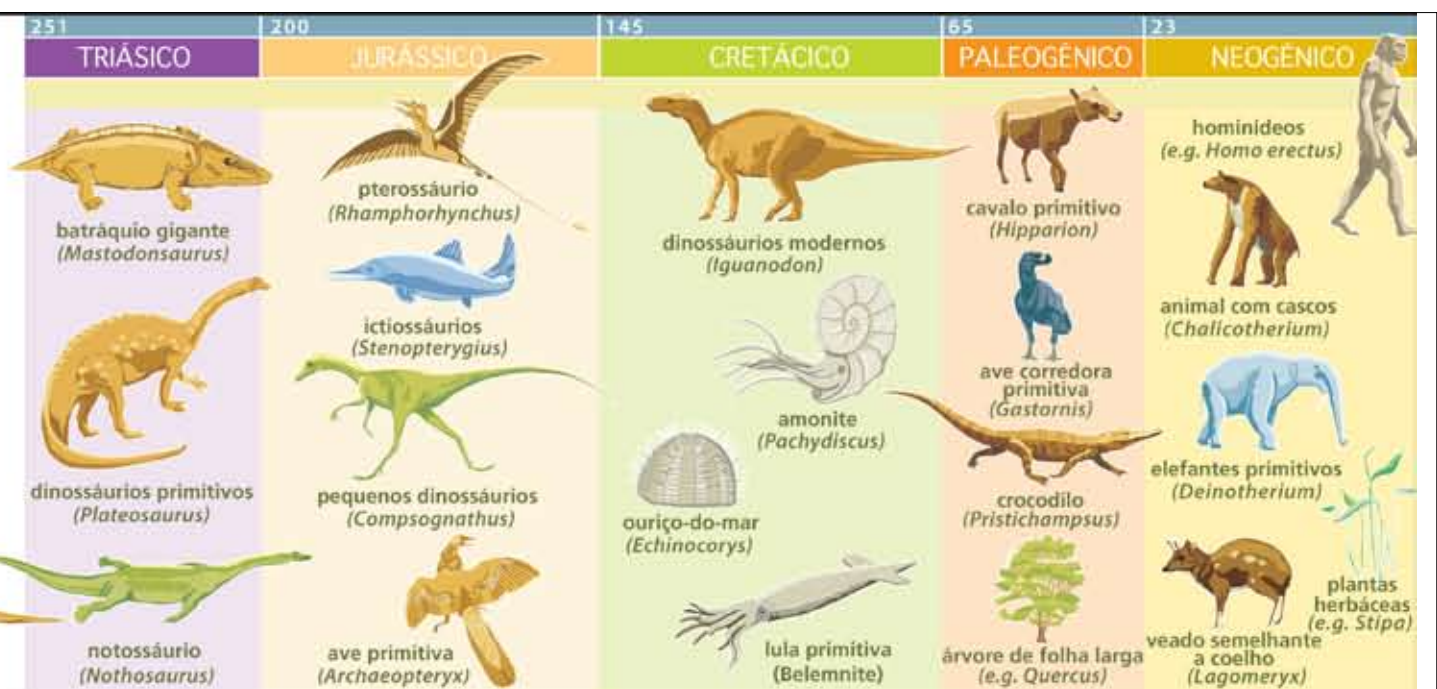


Mamíferos fósseis (incluindo um cavalo, em cima) de Messel Pit, na Alemanha, classificado como Património Mundial da Humanidade da UNESCO e o melhor local em todo o mundo para conhecer a vida durante o Eocénico (entre os 57 e os 36 milhões de anos).

Desde então, a conquista da terra firme foi o maior marco evolutivo seguinte. As plantas primeiro e depois os escorpiões e as centopeias conquistaram a terra firme, quase deserta. Já durante o Devónico Superior, há cerca de 360 milhões de anos, anfíbios primitivos deram os primeiros passos em terra. Estes animais foram a base da evolução de todos os tetrápodes modernos, incluindo répteis, aves e mamíferos, tendo estes últimos a sua origem no Triásico Superior (há 210 milhões de anos). Nesta altura, eram basicamente ratos e animais nocturnos de semelhante morfologia que, para evitar os dinossáurios predadores, desenvolveram grande sensibilidade a nível da audição, visão e olfacto, bem como ao nível da inteligência.

Todos estes organismos do passado faziam parte de paleoecossistemas e, portanto, da antiga biosfera. As suas interacções aceleraram os processos evolutivos, mas podiam também levar a um colapso de populações e ecossistemas. Durante momentos de radiação adaptativa a evolução processou-se rapidamente, resultando em numerosas novas espécies devido à sua capacidade de ocupar e, mesmo, criar novos nichos ecológicos. Durante os períodos Triásico, Jurássico e Cretácico (entre os 251 e os 65 milhões de anos) ocorreram eventos extraordinários, como a evolução dos dinossáurios, os quais tornaram-se nos maiores carnívoros e herbívoros vertebrados terrestres que alguma vez viveram na Terra.

As extinções em massa representam um enorme contraste relativamente aos momentos de radiação evolutiva. Por várias vezes, extinções em massa reduziram drasticamente a biodiversidade em diferentes períodos da história da Terra, talvez durante uns quantos milhares de anos. Muitos grupos de plantas e animais nunca recuperaram (como, por exemplo, os dinossáurios, no final do Cretácico). O acontecimento desta natureza mais catastrófico ocorreu no final do Pérmico, há 252 milhões de anos, quando cerca de 90% das espécies marinhas e cerca de 70% das espécies terrestres desapareceram.

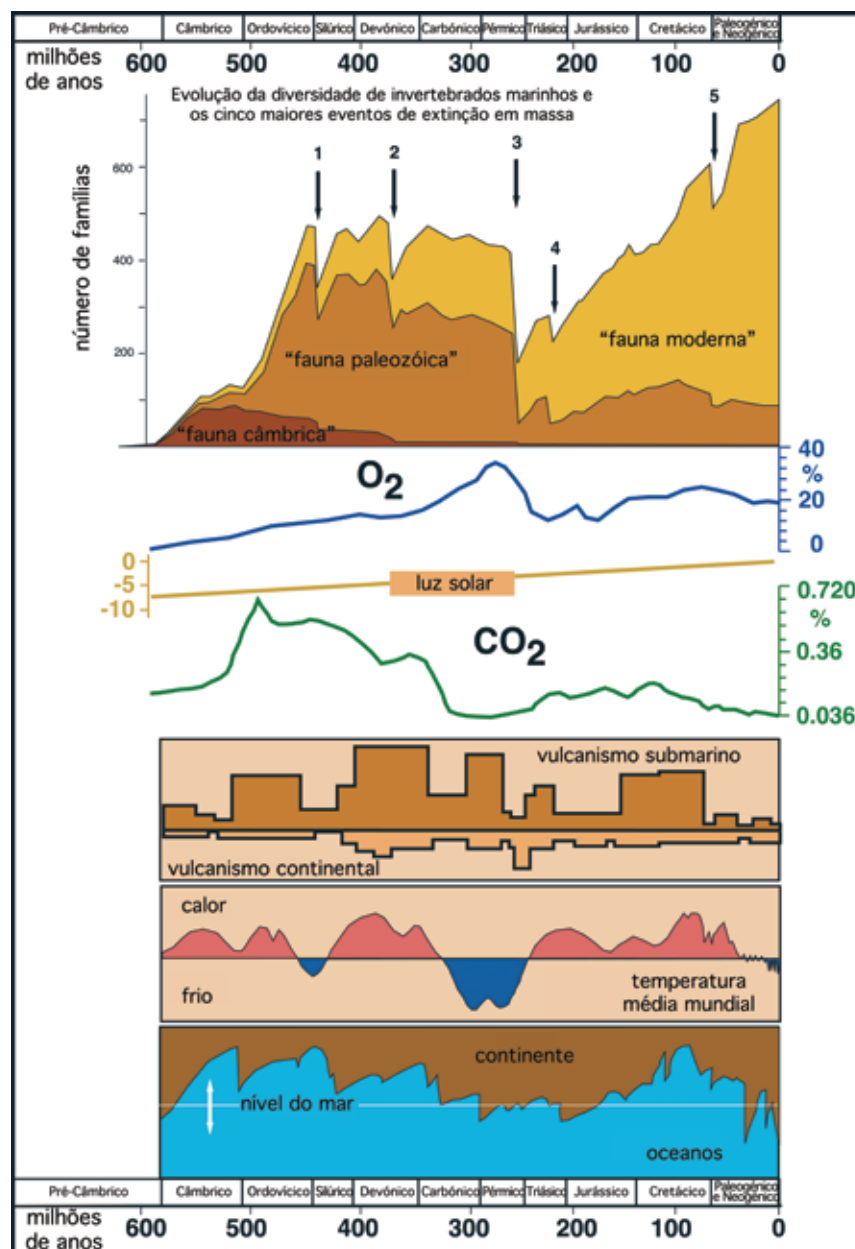


## “Desenvolvimento sustentável”

O termo “desenvolvimento sustentável” surgiu da oposição existente entre aqueles que defendiam políticas de preservação da “sustentabilidade” do ambiente na Terra e aqueles que advogavam o desenvolvimento económico. Os ambientalistas reconheceram que o desenvolvimento económico é necessário (em parte para evitar que os custos da protecção ambiental recaíssem sobre aqueles que tinham menos possibilidades económicas de o fazer) e também que a estagnação económica reduz, muitas vezes, o apoio a esforços de protecção ambiental. (continua...)

Cinco grandes extinções em massa e outras dez de menor dimensão entrecortaram a história da vida. De um modo geral, podem ser explicadas como o resultado de dramáticas alterações ambientais devido a vários factores, de delicadas interações ao nível das mudanças climáticas, à tectónica de placas, vulcanismo a nível mundial, variações no nível do mar, alterações nos ciclos biogeoquímicos e cataclismos cíclicos por grandes asteróides ou cometas.

*Evolução da diversidade de invertebrados marinhos, os cinco eventos de extinção em massa e possíveis interações com o vulcanismo, o clima global e variações no nível do mar. Ilustração: Wolfgang Oschmann, Frankfurt.*



● **Um importante objectivo é compreender**

**de que forma as actividades humanas**

**interagem com os processos ambientais** ●

### **Compreender a dinâmica da biosfera**

O tema científico *Terra e Vida* centrar-se-á em duas questões fundamentais:

- Como podemos compreender melhor os processos dinâmicos da biosfera?
- Como pode a melhoria do nosso conhecimento ajudar a conseguir a sustentabilidade dos sistemas de vida na Terra, factor essencial para a sobrevivência das sociedades humanas?

Projectos científicos no domínio da *Dinâmica Passada e Futura da Biosfera* foram recentemente delineados durante a *Conferência Mundial sobre a Paleontologia no Século XXI*, que decorreu no Museu Senckenberg, em Frankfurt, na Alemanha.

Enquanto alguns projectos incluídos nessa iniciativa já se iniciaram, é absolutamente necessário que outros também o façam, com ideias bem programadas. O Ano Internacional do Planeta Terra irá comportar uma nova plataforma para estes projectos de investigação, a nível mundial, dado que estes necessitam de uma abordagem multidisciplinar por parte de paleontólogos, biólogos e geocientistas, em cooperação com um amplo grupo de outros cientistas da natureza.

Um importante objectivo é compreender, de entre os vários factores responsáveis pelas alterações e crises da biodiversidade, de que forma as actividades humanas interagem com os processos ambientais. Que consequências decorrem das variações naturais a longo prazo e quais as que surgem devido a actividades humanas de curto prazo? Estas questões lembram problemas semelhantes ao do aquecimento global, incluindo, por exemplo, actividades bióticas como causa importante de emissões de CO<sub>2</sub> e NH<sub>4</sub> (ver também o prospecto nº 5 "*Alterações Climáticas: "registos nas rochas"*" desta série).

Os projectos científicos dedicados às questões acima referidas centrar-se-ão em seis temas fundamentais (ver abaixo). Estes projectos podem ser levados a cabo em todo o mundo. A organização global do Ano Internacional e o uso de bases de dados em rede assegurará a compilação e interpretação conjunta da informação.

Bases de dados paleontológicos, principalmente marinhos, encontram-se já disponíveis, como por exemplo a Base de Dados de Paleobiologia (<http://paleodb.org>) e a PaleoReefs Online: <http://193.175.236.205/paleo/> (id = paleo, password = reefs). Estas permitem aos cientistas organizar os dados de investigação científica dispersos e torná-los acessíveis a todos, mesmo àqueles sem acesso a bibliotecas modernas. Grandes competências estarão disponíveis no final do Ano Internacional, o que auxiliará na compreensão e na preservação da biosfera actual, para assim se preservar a vida na Terra e ajudar a tornar a sociedade moderna sustentável. Para um melhor conhecimento dos processos básicos que moldaram a vida na Terra são necessários modernos métodos quantitativos e instrumentos

De igual modo, os que defendiam o desenvolvimento económico reconheceram um paralelismo entre as dotações para a protecção ambiental e o conceito de protecção do capital numa economia sustentável. Uma economia viável deve viver dos seus rendimentos sem uma redução líquida do capital ao longo do tempo. Igualmente, as populações devem viver dentro da capacidade de carga dos seus ecossistemas, que representam uma forma natural de capital.



## Programa de Divulgação

O Programa de Divulgação do Ano Internacional do Planeta Terra enfrenta um desafio de escala muito particular. Com, potencialmente, 10 milhões de dólares para gastar, é inconcebível que pudesse operar de uma forma prescritiva. Nenhum indivíduo ou comitê pode idealizar modos eficazes de utilizar tal verba na sua totalidade. Assim, o Programa de Divulgação, tal como o Programa Científico, irá funcionar como um corpo de dotação de fundos, recebendo propostas para apoio financeiro,

desde recursos educativos para a internet a obras de arte que ajudem a reforçar junto do público a mensagem central do Ano Internacional. O Programa de Divulgação irá permitir que as coisas aconteçam localmente no âmbito de um evento internacional, dando-lhes perfil e coerência.

Um Prospecto de Divulgação nesta série (número 11) encontra-se disponível para todos os que estão interessados em candidatar-se.



● **O registo de rochas sedimentares**  
**revela uma sucessão de**  
**ambientes muito diferentes** ●

analíticos, mas também novas teorias globais sobre a evolução da vida. A investigação de ponta em projectos enquadrados nas diversas questões-chave requer as seguintes abordagens:

- **Uma organização temporal precisa**, realizada através de modernos métodos estratigráficos, com uma resolução de cerca de 100 000 anos ou menos. Apenas com um tal enquadramento temporal se poderão determinar variações e relações entre processos ambientais bióticos, e abióticos. Tal enquadramento é possível através de uma combinação de bioestratigrafia de alta resolução, geocronologia radiométrica, magnetoestratigrafia, astrocronologia, biocronologia e estratigrafia isotópica de oxigénio e estrôncio (consultar também o projecto *EarthTime* em: <http://earth-time.org/>).
- **Análise quantitativa de parâmetros físicos e químicos**, através da medição de isótopos estáveis, como o oxigénio, o carbono, o azoto e outros. Esses dados isotópicos são fundamentais para a compreensão das interacções entre processos abióticos e os sistemas biológicos.
- **Monitorização**, através de trabalho de campo, pesquisa em laboratório, projectos de sondagens, expedições, etc. A monitorização necessita de estudos aprofundados em sedimentologia, geoquímica, ecologia, etc., assim como de uma grande variedade de investigações biológicas nos descendentes actuais dos organismos fossilizados. Os esforços de monitorização a longo prazo são cruciais para a compreensão da dinâmica de paleo-ecossistemas e para a previsão da sobrevivência dos ecossistemas actuais e futuros.
- **Documentação** das características morfológicas de grupos seleccionados de organismos, com especial importância biológica e ecológica. O estabelecimento de bases de dados fiáveis e precisas de organismos diversos, de diferentes períodos e ambientes, com diferentes histórias evolutivas e com um registo fóssil rico é uma tarefa fundamental. A integração de estudos morfológicos e de dados sobre abundâncias, paleobiodiversidades, padrões abióticos e reconstruções filogenéticas permitirá caracterizar melhor os processos biológicos do que estudos realizados individualmente.
- **Reconstruções filogenéticas** de determinados conjuntos de organismos, com especial importância biológica e ecológica. Estes estudos recorrerão a novos métodos matemáticos, como o HIFI (Hierarchical Fit Index), no sentido de explorar correlações entre estratigrafia e filogenia e a análise cladística em paleobiogeografia, estabelecendo relações entre a paleogeografia e a vida.

## Questão-chave 1

### *Alterações ambientais e dinâmica da biodiversidade*

O registo sedimentar revela uma sucessão de ambientes muito diferentes, variando desde o mundo exclusivamente microbiano, pobre em oxigénio, do Arcaico, até aos oceanos anóxicos e sulfídricos do Proterozóico e ao



## Programa Científico

Um painel de 20 geocientistas eminentes de todas as partes do mundo decidiram elaborar uma lista da qual constam dez temas científicos abrangentes — Água Subterrânea, Desastres naturais, Terra e Saúde, Alterações climáticas, Recursos, Megacidades, Interior da Terra, Oceano, Solo e Terra e Vida.

O próximo passo é proceder à identificação de tópicos científicos pertinentes e passíveis de desenvolvimento no âmbito de cada um dos principais temas abrangentes. Foram formadas equipas para cada um destes temas com o objectivo de organizar um Plano de Acção. Cada equipa elaborou um texto que será publicado sob a forma de um prospecto dedicado a um determinado tema, do tipo daquele que tem entre mãos.

Posteriormente, serão criados uma série de Grupos de Implementação de forma a iniciar o trabalho dedicado a cada um dos dez programas. Serão desenvolvidos todos os esforços para que se envolvam especialistas de países com um particular interesse por algum dos temas.

Para mais informação:  
[www.yearofplanetearth.org](http://www.yearofplanetearth.org)

## A colonização de terra

firme é um dos episódios mais

importantes na história da vida

sistema heterogéneo actual, com a sua enorme diversidade de organismos multicelulares complexos. Existem registos de alterações ambientais às escalas local, regional e mundial ao longo do Fanerozóico, as quais afectaram a diversidade e abundância de um vasto leque de organismos. A extinção ocorreu a par com a diversificação, e a recessão de linhas evolutivas ocorreu em conjunto com a expansão e colonização de novos habitats.

As alterações ambientais têm múltiplas consequências, as quais podem, inclusive, afectar o próprio ambiente. A evolução de plantas terrestres e de florestas no Carbónico, ou a mineralização das carapaças de organismos planctónicos marinhos, têm sido utilizadas como indicadores de surpreendentes mudanças na superfície terrestre. Alterações ambientais são delineadas pela composição, diversidade e preservação dos fósseis, assim como pela abundância e distribuição temporal de diferentes tipos de sedimentos e de assinaturas geoquímicas. Algumas destas alterações, mesmo aquelas tão recentes como o Máximo térmico do Eocénico Inferior (aprox. há 50 milhões de anos), apresentam consideráveis desafios aos criadores de modelos climáticos e a outros que procuram compreender a Terra actual.

A investigação nesta área identificará os intervalos de tempo em que ocorreram alterações significativas na biodiversidade, a dinâmica a curto prazo destas alterações, os papéis desempenhados por novidades biológicas na génese de padrões e variações do ciclo biogeoquímico (ver questão-chave 4) e como as condições de equilíbrio são mantidas. Os eventos de extinção e os seus intervalos críticos variam em termos de escala temporal e da importância. Contudo, são acontecimentos fundamentais para a compreensão da evolução biótica e do desenvolvimento da biodiversidade. Nesse sentido, para esta questão-chave reclama-se uma nova compreensão das interacções entre alterações ecológicas, inovação biótica, sucesso evolutivo (abundância, diversidade, longevidade) e processos de evolução biológica, quer em períodos de estabilidade, quer de alterações bruscas.

## Questão-chave 2

### *Paleobiologia evolucionária*

Mais de sessenta anos após o livro de G.G. Simpson *Tempo and Mode in Evolution*, permanecem em debate muitas questões acerca da macroevolução (simplesmente definida como a evolução acima do nível da espécie).

A origem de inovações evolutivas como asas de insecto, conchas com câmaras em cefalópodes ou membros em tetrápodes, assim como a origem da matriz de organismos (padrões morfológicos básicos de grandes grupos, tais como equinodermes, tartarugas ou morcegos) é ainda pouco conhecida. O ritmo da evolução é muito variável nas diferentes linhas evolutivas ao longo do tempo geológico, havendo organismos que aparentam não ter evoluído, como os “fósseis vivos” *Nautilus* e o caranguejo-ferradura *Limulus*, mas também outros com evoluções aceleradas, como os peixes ciclídeos lacustres. Contudo os mecanismos subjacentes a estas diferenças continuam pouco claros. Com a sua ampla visão do tempo, a paleontologia é de importância crucial nesta área de investigação, uma vez que o registo fóssil possibilita o único acesso empírico directo à história da evolução da vida.

Duas questões específicas necessitam a ser abordadas: a origem das inovações

O que significa o logotipo do Ano Internacional do Planeta Terra? O Ano Internacional pretende reunir todos os cientistas que estudam o Sistema Terra, pelo que a Terra sólida (litosfera) é representada a vermelho, a hidrosfera a azul escuro, a biosfera a verde e a atmosfera a azul claro. O logotipo é baseado num desenho original realizado por ocasião de uma iniciativa idêntica ao Ano Internacional, designada *Jahr der Geowissenschaften 2002 (Ciências da Terra, Ano 2002)* e que teve lugar na Alemanha. O Ministério da Educação e Investigação da Alemanha disponibilizou o logotipo à IUGS.

*Nautilus: um "fóssil vivo".*



● **O sistema Terra é controlado,**

**simultaneamente, por processos**

**biológicos e físico-químicos** ●

morfológicas no contexto do desenvolvimento, e o seu sucesso ou fracasso nos ecossistemas (o último está associado à questão-chave 1). Biólogos do desenvolvimento comparado fizeram revelações surpreendentes sobre a origem de algumas inovações, mas só a paleontologia pode fornecer informação sobre o sucesso ecológico e/ou evolutivo. Os estudos macroevolucionários requerem uma forte interdisciplinaridade da paleontologia com a geologia e a biologia, incluindo campos de pesquisa em crescimento como a geobiologia (ver questão-chave 4), a filogenia molecular e a biologia do desenvolvimento evolutivo.

### **Questão-chave 3**

#### ***O desenvolvimento da vida em terra firme***

A colonização de terra firme é um dos episódios mais importantes na história da vida, tendo tido um impacto significativo na evolução subsequente da geosfera e da atmosfera. A vida em terra exigiu um número de adaptações específicas a um ambiente basicamente hostil.

As plantas terrestres necessitaram de tecidos especiais para garantir a sua postura assente sobre o solo. Foi necessária uma protecção contra a desidratação e a radiação UV-B, assim como novas estratégias de reprodução e de disseminação. Outras grandes mudanças aconteceram na respiração e consumo de nutrientes, tendo igualmente os animais necessitado de adaptar as suas estratégias de vida. A evolução da flora terrestre teve grande impacto nos processos de alteração das rochas. Mudanças nas concentrações atmosféricas de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> tal como o ciclo do Carbono orgânico estão directamente relacionadas com a evolução da flora terrestre. Nos últimos anos tem-se evidenciado cada vez mais a complexidade dos ecossistemas modernos e a importância das simbioses entre vários grupos de organismos para o estabelecimento de ecótipos e para o desenvolvimento de ecossistemas. Como as ciências do solo e a ecologia se desenvolveram independentemente, muitas das relações entre as mesmas não estão ainda devidamente compreendidas. (consultar *Solos – a Camada Viva da Terra*, prospecto 10 desta série). Um objectivo fundamental é um melhor conhecimento dos ecossistemas terrestres ao longo do tempo. As principais tarefas incluem o conhecimento de estratégias ecológicas e biológicas de espécies individuais, baseadas em informação biológica/fisiológica sobre os organismos que inicialmente viveram sobre terra firme, bem como a reconstrução de ecossistemas completos, incluindo as relações mútuas e as interações entre vários grupos de organismos, tais como cianobactérias, fungos, líquenes, algas, plantas terrestres superiores e vários grupos de animais. As relações entre as comunidades biológicas e o seu ambiente abiótico são também aspectos importantes, incluindo a natureza do substrato rochoso presente nas comunidades terrestres e a sua disponibilidade em nutrientes, humidade e água.

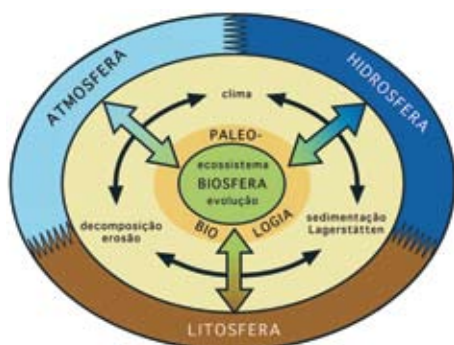
### **Questão-chave 4**

#### ***Geobiologia: a interacção biosfera-geosfera***

O sistema Terra é controlado, simultaneamente, por processos biológicos e físico-químicos, controlo esse que se iniciou com a formação das primeiras



Um dos animais mais antigos pertencentes à Fauna de Ediacara



O papel da biosfera e as suas interações.

Ilustração: Wolfgang Oschmann, Frankfurt.

Ecossistemas recifais durante o Silúrico (há 443-416 milhões de anos)



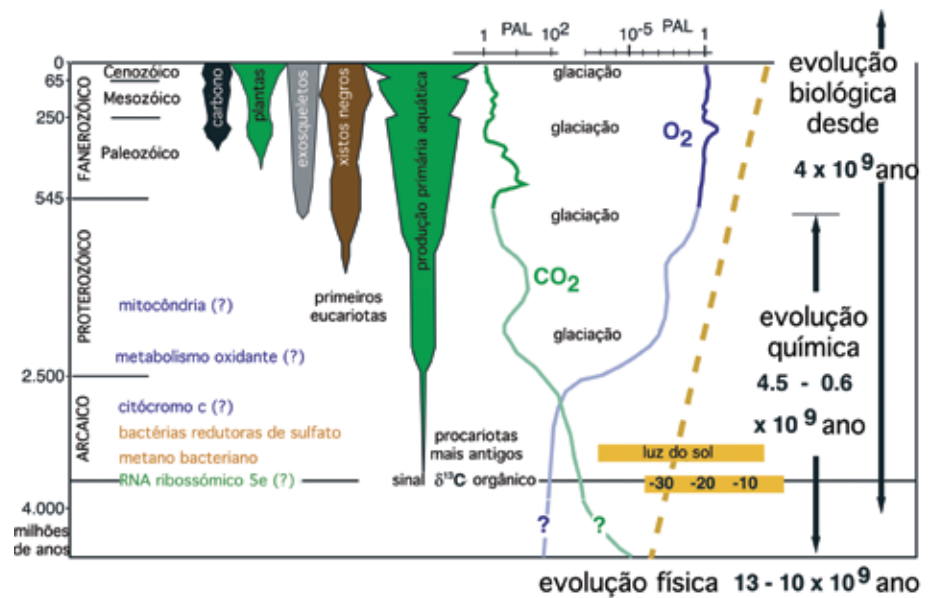
moléculas orgânicas complexas há cerca de 4 mil milhões de anos. Desde então, processos metabólicos prebióticos e bióticos influenciaram fortemente o sistema Terra e o desenvolvimento da geo-biosfera. A geobiologia é entendida como a interação entre organismos e seus processos metabólicos combinados com vários parâmetros abióticos. Assim sendo, a geobiologia é uma abordagem integrada de ciências biológicas e das ciências da Terra.

Muitos processos geológicos podem ser compreendidos como processos geofisiológicos, permitindo reacções químicas impossíveis de ocorrer sob condições termodinâmicas normais. Estes processos fortemente interrelacionados possivelmente não estão restritos apenas ao sistema Terra, podendo ser identificados noutros planetas geologicamente comparáveis. Contudo, a procura de evidências de vida noutros planetas requer o conhecimento de determinadas bioassinaturas que poderão auxiliar na identificação de processos metabólicos e fisiológicos associados à vida. ("Astrobiologia"). Um dos objectivos fundamentais é o estudo da evolução de processos fisiológicos detectáveis nas bioassinaturas e nos padrões de biomineralização e da sua interação com os ciclos biogeoquímicos. Os processos fisiológicos são geralmente controlados por moléculas orgânicas e, por vezes, auxiliados por canais enzimáticos. Alterações fisiológicas fundamentais de processos bióticos percorreram bioeventos e ciclos bioquímicos especiais conhecidos da história da Terra. As questões-chave anteriores, relacionadas com a evolução dos organismos e com as alterações ambientais, irão necessitar do estudo das interações entre a geosfera e a biosfera, estando por isso também estreitamente relacionadas com a questão-chave 4.

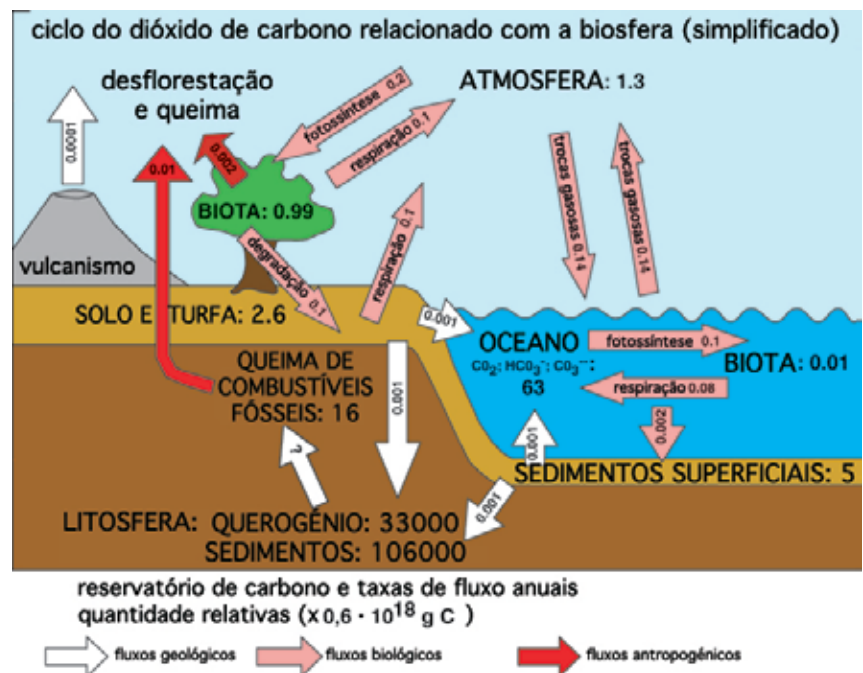
## Questão-chave 5

### ***Estabilidade e variabilidade em ecossistemas do passado***

Ecossistemas naturais como recifes e florestas tropicais apresentam uma profunda variabilidade ao longo de milhares a milhões de anos. Embora os factores dos quais depende a estabilidade dos ecossistemas estejam bem conhecidos, há grandes incertezas no que diz respeito à interação destes factores com as escalas espaciais e temporais nas quais actuam. O efeito estabilizador da biodiversidade nos processos ecossistémicos é provavelmente um atributo que não varia com a escala. Isto já permite algumas balizas para a gestão de ecossistemas actuais. Por outro lado, os ecossistemas têm tendência para colapsar durante os eventos de extinção em massa e necessitam de mais tempo de recuperação do que as espécies



Síntese da evolução no planeta Terra. Ilustrações: Wolfgang Oeschmann, Frankfurt.



em geral. O tempo de recuperação parece depender da complexidade dos mecanismos metabólicos necessários para manter um ecossistema em funcionamento.

Esta questão-chave está associada às restantes, mas diz respeito a sistemas integrados e não a características individuais e filogenias. Os principais temas em análise são:

- 1) A documentação da variabilidade e da complexidade natural dos ecossistemas do passado
- 2) O impacto das alterações locais *versus* globais na estabilidade dos ecossistemas
- 3) Os períodos de tempo associados ao desaparecimento e à recuperação de ecossistemas do passado
- 4) A aplicabilidade de descobertas paleontológicas na bioconservação moderna.

## Questão-chave 6

### Modelação

Um modelo é um sistema físico, matemático ou lógico que representa as principais estruturas da realidade e é capaz de explicar ou reproduzir dinamicamente o seu funcionamento. A modelação é hoje em dia utilizada nos vários campos das ciências da Vida e da Terra. Existem modelos de vários tipos, mas estes podem ser divididos segundo os padrões ou os processos. Os modelos baseados em padrões fornecem descrições e interpretações do Mundo. Os exemplos na paleontologia incluem:

- 1) Descrições de padrões taxonómicos diversos
- 2) Classificação de organismos fósseis, por exemplo, através de morfologia comparativa, paleohistologia e bioquímica
- 3) Reconstruções filogenéticas como esquemas teóricos de inter-relações entre organismos vivos ou fósseis baseadas em caracteres partilhados, conseguidas com a ajuda de técnicas computadorizadas (como, por exemplo, software PAUP ou HENNIG86).

Os modelos baseados em padrões incluem também modelação numérica, como a quantificação das alterações das espécies fósseis (biometria e morfometria), estudos filogenéticos (cladística e outros métodos), classificações (parcimónia ou métodos fenéticos), biofácies e análises de associações (métodos de agregação). Os modelos baseados em processos tentam capturar os processos subjacentes, físico-químicos ou biológicos, de modo a ter resultados para o padrão geral em estudo. Tais modelos são comuns em áreas como a ecologia ou a geoquímica, e deveriam ser também amplamente adoptados pela paleontologia.

Fósseis de peixes



## Textos

**Bettina Reichenbacher (München, Germany)**  
**Alain Bliëck (Villeneuve d'Ascq, France),**  
**Doug Erwin (Washington, D. C., USA).**  
**Werner Piller (Graz, Austria),**  
**Mircea Sandulescu (Bucharest, Romania),**  
**John Talent (Sydney, Australia).**

Edição Ted Nield

Design André van de Waal, Coördesign, Leiden

Os autores agradecem a Wolfgang Oschmann, Frankfurt,  
por ter permitido a utilização de ilustrações.

## Edição portuguesa

Coordenação geral José Brilha, Universidade do Minho  
Artur Sá, Univ. de Trás-os-Montes e Alto Douro

Tradução para língua portuguesa PANGEO, Braga [www.pangeo.pt]

Apoio científico na tradução Mário Cachão, Dep. de Geologia da  
Fac. de Ciências da Univ. de Lisboa

© Outubro 2007 [www.progeo.pt/aipt](http://www.progeo.pt/aipt)  
Comissão Nacional da UNESCO

## Parceiros internacionais

American Association of Petroleum Geologists (AAPG)  
American Geological Institute (AGI)  
American Institute of Professional Geologists (AIPG)  
Geological Society of London (GSL)  
International Association of Engineering Geologists and the  
Environment (IAEG)  
International Geographical Union (IGU)  
International Lithosphere Programme (ILP)  
International Union for Quaternary Research (INQUA)  
World Soil Information (ISRIC)  
International Society for Rock Mechanics (ISRM)  
International Society for Soil Mechanics and Geotechnical  
Engineering (ISSMGE)  
International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG)  
International Union of Soil Sciences (IUSS)  
TNO Built Environment and Geosciences - Geological Survey  
of the Netherlands

© January 2006,  
Earth Sciences for Society Foundation,  
Leiden, The Netherlands



United Nations Educational Scientific  
and Cultural Organisation

## Apoios internacionais

Austrian Academy of Sciences,  
Commission for the Palaeontological and  
Stratigraphical Research of Austria  
Comité National Français de Géologie,  
Villeneuve d'Ascq, France  
Earth Science Faculty at Ludwig-Maximilians-  
Universität Munich, Germany  
GeoBioCenter at Ludwig-Maximilians-Universität  
Munich, Germany  
GeoUnion Alfred-Wegener-Stiftung, Potsdam, Germany  
International Palaeontological Association,  
Lawrence, Kansas, USA  
Johann Wolfgang Goethe-Universität,  
Frankfurt am Main, Germany  
Natural History Museum Senckenberg  
Frankfurt/Main, Germany  
Natural History Museum Vienna, Austria  
Paläontologische Gesellschaft, Frankfurt/Main, Germany

## Edição portuguesa



## Patrocínios:



[www.yearofplanetearth.org](http://www.yearofplanetearth.org)



**International Year of Planet Earth**

IYPE Secretariat

NGU

N-7491 Trondheim

NORWAY

T + 47 73 90 40 00

F + 47 73 92 16 20

E [iype.secretariat@ngu.no](mailto:iype.secretariat@ngu.no)

**[www.yearofplanetearth.org](http://www.yearofplanetearth.org)**