



# Capítulo

# 1

## História do planeta Terra

Quanto mais conhecemos do passado da Terra, mais somos levados a acreditar que a sobrevivência do nosso planeta até hoje dependeu da feliz coincidência de verdadeiros “milagres cosmológicos”. No Sistema Solar, a Terra é o único planeta que “hospeda” seres vivos (ver box). Por sua vez, a Terra exhibe movimentos semelhantes aos daqueles organismos. Além disso, pesquisas em diversas áreas de conhecimento das geociências, bem como observações cosmológicas, levam à conclusão de que, na atualidade, a Terra encontra-se intimamente relacionada e constantemente influenciada pelo universo.

Neste capítulo serão discutidas as relações do nosso planeta com universo: origem, transformações até os dias atuais e, inclusive, seu futuro e sua extinção.

### A obscura origem do universo

---

Quando se procura desvendar o passado da Terra, chega-se inevitavelmente ao do próprio universo e, por fim, à sua origem. Então, o que conhecemos sobre a origem do universo?

Segundo a moderna Física, acredita-se que o universo tenha se originado a partir de um “ponto”, que se tornou infinitamente quente e sólido, ocasionando a Grande Explosão. Isso significa admitir que o universo se originou da explosão de um “ponto”.

A hipótese da Grande Explosão (Big Bang) admite que a expansão do universo atualmente observada poderia ser extrapolada para o passado até a situação de uma “bola de fogo cósmica”. Dependendo da velocidade de expansão inicial até a massa atual do universo, ligada a parâmetros hoje observáveis, ele pode ou não atingir o estado de máxima expansão e novamente sofrer colapso, voltando àquele “ponto” de partida.

### Seres vivos

Em agosto de 1996, a Nasa (North American Space Agency) divulgou ter encontrado sinais de seres vivos primitivos em um fragmento de rocha com cerca de 3,6 bilhões de anos, “arremessado” de Marte para a Terra. Além disso, admite-se também a possibilidade de existência de seres vivos em Europa, um dos quatro maiores satélites de Júpiter. Se essas notícias forem verdadeiras, pode-se pensar na eventual distribuição ubíqua de vida pelo universo.

Teria existido, então, alguma coisa anteriormente à Grande Explosão? Infelizmente, não se tem uma resposta para essa questão. Não se pode falar em “tempo” antes da Grande Explosão; é como se nada tivesse existido! Outros admitem que, a partir da Grande Explosão, o universo teria se expandido, ao longo de ciclos de bilhões de anos, e num

determinado momento tenha se contraído, retornando ao estado de “grande pulverização”, para dar origem a um novo universo a partir de uma nova Grande Explosão; isto é, um mundo “sem-fim”. Entretanto não dispomos de evidências conclusivas para esses fatos.

Especialmente a moderna Física, relacionada à teoria quântica, tenta explicar os fenômenos naturais do microcosmo através da Filosofia Cósmica. Admite-se a ocorrência de uma expansão repentina, denominada “inflação”, que explica a origem do próprio universo. Entretanto a teoria quântica, que constitui o fundamento desse pensamento, ainda se acha em estado inicial, sendo necessário, portanto, investigar muito mais nessa área. Na verdade, quase nada sabemos sobre a formação da natureza!

Se a Grande Explosão ocorreu de fato, de onde teria vindo a matéria da Via Láctea em expansão? Essa questão poderia ser explicada pela teoria da geração espontânea (ver boxe), que é produto de pura especulação, desprovida de qualquer comprovação científica.

Os pesquisadores que se dedicam atualmente à investigação cósmica servem-se do telescópio orbital Hubble (ver boxe) e de satélites astronômicos de raios X para atingir os pontos mais distantes do universo. Entretanto, cada novo dado vem acompanhado de realidades inesperadas, de modo que, mesmo para se vislumbrar vagamente a imagem de todo o universo, será ainda necessário muito tempo.

Ao leitor poderão parecer desnecessárias considerações adicionais sobre a origem do universo. Entretanto, quanto mais se pesquisa acerca dos acontecimentos sobre as mudanças pretéritas ocorridas na Terra, mais se percebe que não somente o planeta, mas também os seres vivos e os paleoambientes da Terra foram fortemente influenciados pelo universo.

### Teoria da geração espontânea

Nos Estados Unidos, essa teoria é conhecida como “teoria do almoço grátis”. Ela tem origem na chamada “teoria da origem do universo a partir do nada”, do russo Alexander Billenken. As discussões do físico inglês Stephen Hawking sobre as condições-limite sem-limites são da mesma natureza. Futuramente, com o maior avanço da Mecânica Quântica, essa teoria deverá voltar à discussão, juntamente com o problema da origem do próprio espaço em expansão (teoria quântica universal).

Pode-se concluir que, para se saber por que e como o planeta Terra surgiu no universo, é necessário desvendar a origem do próprio universo! Como teria se formado o universo, que contém o mundo atual? Infelizmente, essa questão ainda não foi definitivamente esclarecida.

### Telescópio espacial Hubble

Devido às oscilações da atmosfera, o poder de resolução dos telescópios terrestres não vai além de um certo limite. Para solucionar essa questão, em 1990, a Nasa colocou em órbita ao redor da Terra o telescópio Hubble. Em dezembro de 1993, uma missão especial viajou até o telescópio para fazer alguns reparos e ajustes. Desde então, ele tem funcionado na observação de corpos celestes pouco luminosos e muito distantes, além de explorar planetas fora do Sistema Solar.

## Origem do planeta Terra: um “feliz sobrevivente”

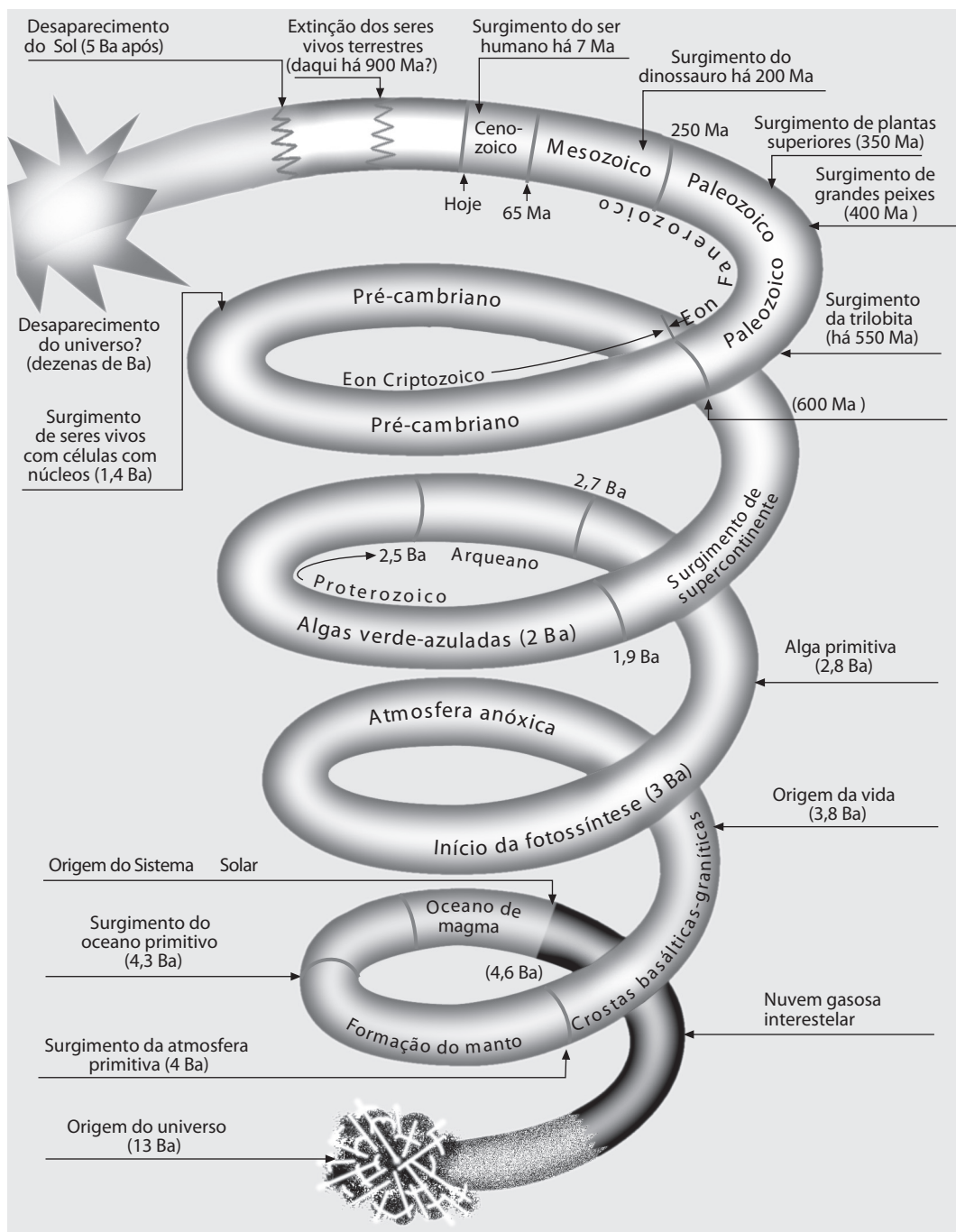
Acredita-se que o universo tenha se originado há cerca de 13 bilhões de anos e que ainda continue em expansão! Por outro lado, a Terra deve ter sido formada com o Sistema Solar, há aproximadamente 4,6 bilhões de anos (Fig. 1-1).

Tendo no centro o Sol, nebulosas gasosas se condensaram e deram origem a planetas de vários tamanhos. Os planetas relativamente pequenos, como a Terra, continuaram colidindo e incorporando planetas menores, desenvolvendo planetas cada vez maiores. Existe a teoria de que a Lua, que gira em torno da Terra, teria se originado do choque entre pequenos planetas (do tamanho de Marte), há cerca de 4,5 bilhões de anos.

Ao girar em torno da Terra, a Lua produz, pelo efeito de sua força gravitacional, o fenômeno das marés nos oceanos do nosso planeta. Como será visto mais tarde, as marés enchente e vazante imprimem nos organismos marinhos o ritmo da vida. Além de influenciar nas camadas superficiais da Terra, a maré interfere também sobre as mudanças globais do nosso planeta. Finalmente, pode-se pensar até que a Lua funcione também como escudo, protegendo a Terra contra o impacto de muitos meteoritos.

Se o corpo celeste que deu origem à Lua fosse um pouco maior, é provável que a Terra tivesse desaparecido, pois acredita-se que, quando os planetas ainda estavam em formação, colidiam mutuamente com frequência 100 milhões de vezes superior à atual. As colisões interplanetárias da época eram numerosas e envolviam a própria sobrevivência. Nessa incrível e dura batalha, por um feliz acaso, a Terra “sobreviveu”.

Toda vez que a Terra incorporava pequenos planetas e meteoritos, a energia de colisão se convertia em calor, com centenas de graus, e sua superfície se transformava num “mar de magma”. Essa situação de verdadeira bola de fogo corresponde à imagem da Terra em seus primórdios. Há cerca de 4,3 bilhões de anos, entretanto, ocorreu um resfriamento, com a consequente transformação do vapor em água líquida, que originou um oceano primitivo. Assim, o nosso planeta foi recoberto por uma capa relativamente delgada de água, cuja espessura média chegava a 4 km. Nessa época, os continentes ainda não existiam.

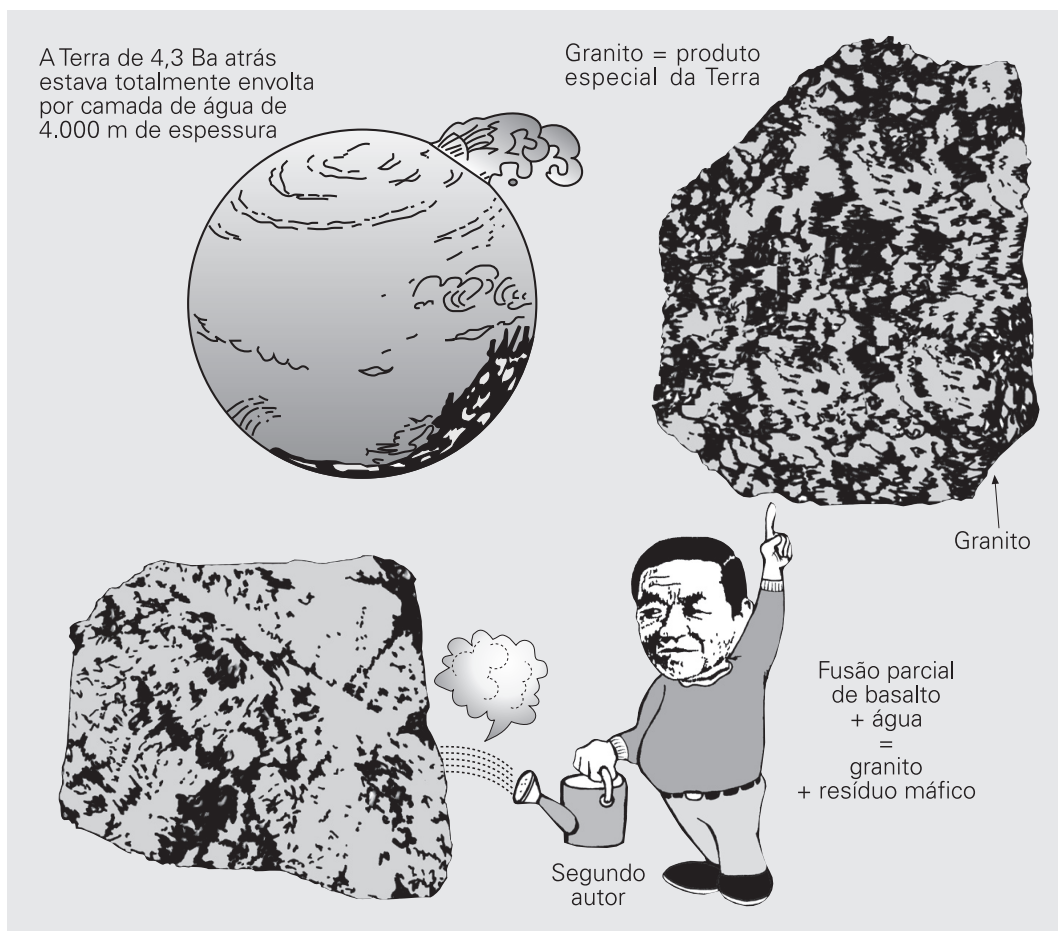


**FIGURA 1-1** A espiral histórica da Geologia. Observar que o universo e a Terra são muito antigos, originados respectivamente há 13 e 4,6 Ba (bilhões de anos). A origem da vida é também muito antiga, estimada em 3,8 Ba. Entretanto a história do ser humano mais primitivo remonta a “apenas” 3 a 7 Ma (milhões de anos). E, finalmente, o ser humano mais “moderno”, com alguns milhares de anos, isto é, no máximo 10 mil anos, quando teve início a domesticação de animais e plantas, com a vida mais sedentária que nômade.

É possível que em Marte, o planeta mais próximo do nosso, também tenha existido um oceano primitivo. Entretanto ele pode ter sido extinto pela ausência de uma força gravitacional suficiente para seu “aprisionamento”. Em Vênus, que também se situa próximo ao Sol, as altas temperaturas devem ter provocado a evaporação de toda a água do oceano primitivo.

Como se vê, a existência desse oceano primitivo representa uma diferença decisiva entre a Terra e os outros planetas mais próximos.

O resfriamento do magma teria levado à formação de basalto. Quando essa rocha foi submetida a uma nova fusão, a grandes profundidades (algumas dezenas de quilômetros abaixo da superfície), a água do mar teria sido incorporada, dando origem ao granito. O granito não teria se formado na ausência de água. Até o momento, a existência dessa rocha só foi confirmada no nosso planeta (Fig. 1-2).



**FIGURA 1-2** A água e o granito constituem materiais essenciais e muito peculiares da Terra. Embora o nosso planeta apresente uma grande variedade de rochas, são poucas as mais abundantes em sua composição.

Além disso, como um possível mecanismo de condução do basalto e da água do mar até grandes profundidades subterrâneas, foi idealizada a “teoria da tectônica de placas”. Parece lícito supor que esse mecanismo geológico, que será mais discutido e explicado no Cap. 3, já estaria ativo há 4 bilhões de anos. O granito assim formado, que exibe densidade menor que a do basalto, emergiu até a superfície para originar os continentes rodeados pelos oceanos.

## **Oceano, atmosfera, Lua, origem e evolução da vida**

Concomitantemente à origem do oceano primitivo, há cerca de 4,3 bilhões de anos, teria se iniciado a formação de uma atmosfera primitiva. Hoje a atmosfera é composta, em média, por 76% de nitrogênio ( $N_2$ ), 21% de oxigênio ( $O_2$ ), 1% de argônio (Ar) e o resto por outros componentes, como vapor de água. Mas a atmosfera primitiva era composta essencialmente de gás carbônico ( $CO_2$ ) e vapor de água ( $H_2O$ ).

Com a formação do oceano, da atmosfera e dos continentes, a Terra adquiriu as condições necessárias para dar origem à vida, que, naturalmente, surgiu nos oceanos. Imagina-se que microorganismos primitivos (bactérias), que vivem na presença de sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ) dissolvido na água do mar, teriam aparecido há aproximadamente 3,8 bilhões de anos.

Acredita-se também que a Lua tenha desempenhado um importante papel na origem dessa vida. Na época, a Lua encontrava-se muito mais próxima da Terra que hoje e, portanto, as amplitudes de maré eram bem maiores. A força gravitacional envolvida teria atuado na aglutinação de moléculas orgânicas componentes dos seres vivos, que se achavam completamente dispersas. A origem da vida foi, em parte, favorecida pelos movimentos rítmicos ditados pela maré lunar.

Os seres vivos capazes de promover a fotossíntese usando como matéria-prima o gás carbônico tiveram condições de surgimento somente há 3 bilhões de anos. Há 2,8 bilhões de anos apareceu a alga primitiva (proto-alga). Também nessa época, em função da dinâmica do planeta, estabeleceram-se ativas correntes de convecção no interior da Terra, que teriam levado, há 1,9 bilhão de anos, à aglutinação de vários continentes, originando um único supercontinente.

O intervalo de tempo geológico de surgimento da atmosfera e do oceano primitivos, que ensejaram o aparecimento dos primeiros seres vivos, entre 4 e 2,5 bilhões de anos, é comumente denominado de Arqueano ou Arqueozoico. O tempo geológico posterior, entre 2,5 bilhões de anos e 600 milhões de anos, quando o oxigênio tornou-se abundante na atmosfera e surgiram os seres vivos celulares, é denominado de Proterozoico (Fig. 1-1).

Durante o tempo geológico subsequente, denominado Era Paleozoica, o conteúdo de oxigênio no ar chegou a 10%. Finalmente surgiram os primeiros animais marinhos que consumiam oxigênio. No início da Era Paleozoica, há cerca de 550 milhões de anos, teria ocorrido, também, uma “grande explosão” na evolução dos seres vivos. Apareceram as formas primitivas da vida moderna, incluindo a trilobita e outros seres, representados por mais de 10 mil espécies.

### O fim do nosso campo magnético

Dois pesquisadores anunciaram em 1983 que a força (intensidade) do campo magnético terrestre estaria diminuindo a cada ano. Nos últimos 100 anos, segundo eles, o decréscimo foi da ordem de 5% e, caso essa taxa persista, em cerca de 1.500 anos estará reduzida a zero.

Em meados da Era Paleozoi-  
ca, passados 300 a 400 milhões  
de anos, surgiram os grandes  
peixes e as plantas terrestres.  
Por outro lado, no fim da Era  
Paleozoica teria ocorrido a pro-  
pagação de plantas terrestres  
superiores, como as cicadá-  
ceas. O conteúdo de oxigênio

atmosférico teria aumentado de modo  
acentuado e a camada de ozônio, que bloqueia os raios  
ultravioleta, teria começado a movimentar-se ativamente, surgindo for-  
mas primitivas de animais vertebrados sobre os continentes. A porção superior da  
Era Mesozoica, entre 250 e 65 milhões de anos, compreende os períodos Jurássico e  
Cretáceo. Esse foi o tempo geológico de maior desenvolvimento dos dinossauros.

Há várias explicações para a extinção dos dinossauros, no fim da Era Meso-  
zoica. Uma das mais aceitas é a relacionada ao impacto de meteoritos. Pesquisas  
recentes mostram que, no Jurássico médio, o campo magnético terrestre estaria ex-  
tremamente enfraquecido, fato que poderia ter intensificado a queda de meteoritos.  
Atualmente são frequentes as discussões sobre a possível influência da dinâmica  
crustal da época sobre esses acontecimentos.

Hoje, nota-se uma nova tendência de enfraquecimento do campo magnético ter-  
restre. Em função da taxa de ocorrência desse fenômeno, poder-se-ia pensar que  
dentro de 1.500 anos (isto é, lá pelo ano 3500) ele esteja zerado (ver boxe). Mas nada  
pode ser confirmado sobre essa possibilidade, nem sobre a provável influência desse  
fenômeno nos seres vivos ou na dinâmica crustal.

## O quase “milagroso” surgimento do homem

Em 1938, um programa radiofônico nos Estados Unidos “criou” e noticiou uma invasão  
de marcianos, provocando pânico na população. O episódio ficou famoso e mundial-  
mente conhecido. Embora possam ter existido seres vivos muito primitivos em Marte,  
sabemos hoje que nesse planeta não vivem seres superiores como os supostos mar-  
cianos da ficção. Para encontrar seres superiores civilizados, como os seres humanos,  
seriam essenciais condições quase “milagrosas”, como as existentes na Terra.

Subsequente à Era Mesozoica, temos a Era Cenozoica, que inicia há 65 milhões  
de anos e se estende até os nossos dias de hoje; é quando ocorre notável progresso na  
especialização de mamíferos. O aparecimento do antropeide de posição ereta, con-  
siderado como possível antepassado do ser humano, teria ocorrido, segundo ideias  
ainda há pouco vigentes, há cerca de 3 milhões de anos. Entretanto divulgou-se (re-  
vista Veja, 17 de julho de 2002) que, entre os restos de hominídeos mais antigos que

3 milhões de anos, podem ser citados os do *Australopithecus afarensis* (Etiópia e Tanzânia), do *Australopithecus anamensis* (Quênia), do *Ardipithecus ramidus* (Etiópia) e do *Orrorin tugenensis* (Quênia). Finalmente, em julho de 2002, teria sido descoberto na África central (Deserto de Djourab, no Chade) o crânio de um hominídeo com 7 milhões de anos. Esse seria o mais antigo ancestral do homem até agora encontrado.

Na realidade, cada novo fóssil descoberto pode descortinar variações inesperadas, com o surgimento de novas espécies de hominídeos! Se a história da Terra, de 4,6 bilhões de anos, fosse considerada como um filme cinematográfico de 60 min de duração, a história do ser humano resumir-se-ia a, aproximadamente, 2,2 s. Mesmo admitindo a idade de 7 milhões de anos do fóssil recém-descoberto, ela representaria pouco mais de 5 s. O fato de esse tão insignificante e recém-chegado ser humano poder contemplar a história da Terra é simplesmente maravilhoso! A própria existência do nosso planeta, caracterizado por condições extremamente favoráveis aos seres vivos, também representa uma conjunção de casualidades quase “milagrosas”.

Antes de mais nada, o tamanho do Sol e sua distância da Terra parecem adequados. O tamanho do nosso planeta também pode ser considerado apropriado. A Terra apresenta temperatura superficial, bem como força de gravidade, que possibilita a manutenção de um grande volume de água. Além disso, essa água caracteriza-se por exibir a “misteriosa” propriedade de ter seu peso máximo a 4°C. Desse modo, a água de 4°C, de densidade máxima, submerge e o congelamento tem início a partir da superfície. Ao congelar, a água sofre uma expansão de cerca de 10% e, com isso, sua densidade diminui e o gelo flutua. Em consequência, os organismos subaquáticos podem sobreviver sob a capa de gelo em água líquida.

Durante a evolução dos seres vivos, a atmosfera terrestre teria se enriquecido cada vez mais de oxigênio, produzindo consequências que a diferenciam enormemente da atmosfera de outros planetas.

As condições necessárias para o surgimento de seres superiores, como o ser humano, teriam sido mais rigorosas, havendo a necessidade de formação dos continentes e da camada de ozônio. Além disso, para que ocorresse a evolução casual até a vida realmente inteligente, que possibilitasse a comunicação entre si e a formação da capacidade de criar e perpetuar a cultura, era essencial a existência de fonte energética de fácil manipulação.

Talvez seja até possível que, no imenso universo, existam vários outros planetas com seres vivos. Entretanto, pelo menos no Sistema Solar, a Terra parece ser o único planeta que reúne todas as condições necessárias. Segundo estimativas de alguns cientistas, mesmo entre os milhões de sistemas da Via Láctea com estrelas parecidas com o Sol, planetas semelhantes à Terra não passariam de 100.



## A extinção do planeta Terra

---

Tudo o que tem um começo, necessariamente, um dia terá fim. Como os dias atuais são diferentes, sob vários aspectos, do passado, o futuro também deverá caracterizar-se por condições distintas das atuais e passadas.

Não se sabe como os seres humanos evoluirão daqui para frente. Entretanto, por mais de 2,5 bilhões de anos, os mares e montanhas foram transformados, areias e lamas foram depositadas e erupções vulcânicas e terremotos ocorreram na Terra. Esses fenômenos naturais deverão prosseguir por muitos milhões de anos ainda; porém nada nos autoriza a afirmar se esses processos continuarão ou não por mais 50 milhões de anos. Se os geólogos dispõem de meios para esclarecer os eventos pretéritos, o mesmo não acontece com o prognóstico de um futuro muito longínquo, quando confrontado com a efêmera vida humana!

Sabe-se que os elementos radioativos existentes no interior da Terra – como urânio, tório e potássio 40 –, que representam as mais importantes fontes de calor, devem certamente desaparecer. Desse modo, a energia geotérmica, que movimenta o seu interior, irá extinguir-se. O campo magnético terrestre também deixaria de existir. Nessa situação, raios cósmicos nocivos aos seres humanos e a outros seres vivos, atingirão incessantemente a superfície terrestre.

Por repetidas erupções vulcânicas, a água existente no interior da Terra será evaporada e decomposta, tornando-se gradualmente mais escassa. Após um longo intervalo de tempo, isso deverá interferir no volume de água dos rios e mares. Porém os dois temas atualmente preocupantes, relacionados à desertificação e ao esgotamento dos recursos hídricos, não estão diretamente ligados a essas mudanças geológicas. Mas a tendência de a água doce tornar-se cada vez mais escassa na Terra, principalmente pelo consumo e desperdício excessivos pelo homem, é por demais real.

As atividades geológicas pretéritas, bem como a evolução biológica, teriam prosseguido em função das constantes modificações cíclicas da superfície terrestre, cuja cessação poderia significar a “morte” do planeta.

Por outro lado, a vida terrestre que depende do calor do Sol também poderia ser dizimada. Daqui a 900 milhões de anos, a expansão do Sol poderá provocar o incremento do calor recebido pela Terra, atingindo cerca de 20% a mais que o atual. Nessa situação, os oceanos irão evaporar totalmente, o planeta inteiro será intemperizado e convertido em estrela sem vida. E, após mais 5 bilhões de anos, o Sol pode transformar-se em uma estrela gigante avermelhada, que engolirá a Terra. O próprio Sistema Solar desaparecerá.