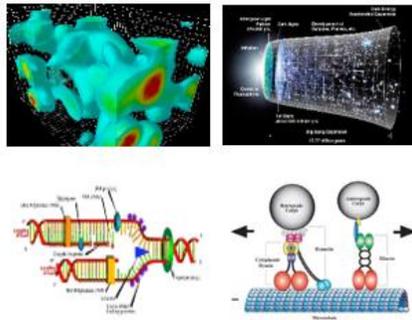


---

# GÊNESE DIVINA

---

Explorando a Criação através da Astronomia e da Biologia



Dongchan Kim, Ph.D.



**Gostaria de expressar minha mais profunda gratidão ao  
Espírito Santo por ter me inspirado e guiado durante a redação  
deste livro!**

## Conteúdo

Introdução .....	6
1. A criação do universo .....	8
a. A estrutura hierárquica do universo.....	8
i. O sistema solar .....	8
ii. O sistema estelar .....	10
iii. Nossa galáxia (Via Láctea).....	11
iv. Galáxias, aglomerados de galáxias e superaglomerados..	12
b. Criação do universo .....	14
i. Criação do Universo em Astronomia.....	14
ii. O destino do universo (Big Bang novamente?) .....	17
iii. A criação do universo na Bíblia.....	21
c. O que foi criado primeiro, a Terra ou o Sol?.....	24
d. A Terra tem 6.000 anos de idade? .....	27
i. Os dias em Gênesis .....	30
ii. O Criador do Tempo .....	32
e. O universo com ajuste fino.....	35
2. A obra-prima de Deus, a Terra .....	40
a. Distância correta do sol .....	40
b. A inclinação axial direita.....	41
c. A rotação correta e os períodos orbitais .....	43
d. O tamanho certo .....	45
e. A existência da magnetosfera .....	46
f. A existência de uma lua excepcionalmente grande.....	48

g. A existência de Júpiter, o guardião da Terra .....	50
h. A existência da tectônica de placas.....	52
i. O tamanho certo do sol.....	56
j. A distância correta do centro da galáxia .....	59
3. Criação ou evolução?.....	63
a. A origem da vida .....	63
i. A formação de aminoácidos .....	64
ii. A formação do RNA .....	67
iii. A formação de proteínas .....	72
iv. A formação do DNA .....	75
v. A formação de células.....	78
vi. A formação de células eucarióticas .....	81
vii. Localização de organelas .....	84
viii. Diferenciação celular .....	90
ix. A formação de tecidos e órgãos .....	93
x. A formação do organismo multicelular .....	96
b. A evolução pode explicar a origem da vida?.....	97
c. A teoria de Darwin: Teoria da Evolução ou Teoria da Adaptação Genética? .....	102
d. Evoluímos a partir dos macacos? .....	110
e. Design Inteligente.....	112
i. Complexidade especificada .....	114
ii. Complexidade irreduzível .....	116
iii. Livros notáveis sobre Design Inteligente .....	120

f. Física de partículas e criação .....	122
g. Alienígenas e criação .....	126
h. Instintos em organismos vivos e na criação .....	131
i. Construção de ninhos de abelhas-da-maçonaria .....	132
ii. Construção de ninhos de Weaverbirds.....	135
iii. Formação da concha do Nautilus .....	136
i. Matemática na natureza e na criação .....	138
4. Convite para o Evangelho.....	146
Agradecimentos .....	151
Crédito da imagem .....	152
Referências .....	154
Sobre o autor.....	159

## Introdução

Os cientistas que defendem a teoria da evolução geralmente consideram que o criacionismo carece de apoio empírico e rigor científico. Eles afirmam que o criacionismo não deve ser incluído nos currículos de ciências, pois não oferece uma explicação cientificamente fundamentada para a diversidade e a complexidade da vida na Terra.

Por outro lado, a teoria evolucionária contém lacunas e perguntas sem resposta, principalmente com relação à origem da vida e à complexidade dos sistemas biológicos. A seleção natural e as mutações são insuficientes para explicar as intrincadas estruturas e funções observadas nos organismos vivos. Além disso, a teoria evolutiva se aplica somente aos organismos vivos existentes e não aborda a origem da vida. Além disso, ela se baseia muito em suposições e reconstruções especulativas, o que desafia sua validade como uma explicação abrangente para a diversidade da vida.

Este livro foi escrito para explorar o debate entre criação e evolução, discutindo a criação do universo, a singularidade da Terra e a origem da vida.

Na primeira parte, apresentaremos a estrutura hierárquica do universo e discutiremos a criação do universo conforme revelado pelas observações astronômicas. Em seguida, examinaremos se a criação do universo descrita na Bíblia está alinhada com as descobertas astronômicas, se a idade da Terra é de 6.000 anos e examinaremos mais de perto a natureza de ajuste fino do universo.

A segunda parte apresenta dez fatos surpreendentes sobre a Terra, enfatizando sua adequação única para suportar a vida e apontando evidências de um projeto intencional.

Na terceira parte, a origem da vida é explorada, desafiando as teorias evolucionárias convencionais e destacando a complexidade dos sistemas biológicos como evidência da criação divina. A adequação do termo "teoria da evolução de Darwin" é examinada, seguida de uma investigação sobre se os seres humanos evoluíram dos macacos. Além disso, o conceito de design inteligente é introduzido e o criacionismo é

explorado por meio de discussões sobre física de partículas, a existência de vida extraterrestre, os instintos dos animais e a matemática encontrada na natureza.

O livro termina com um sincero convite à fé, incentivando os leitores a refletir sobre sua jornada espiritual e a considerar o poder transformador da crença. Ele apresenta o evangelho e fornece orientações práticas sobre como abraçar a fé, incluindo passos para entender e receber a vida eterna, oferecendo esperança e segurança para aqueles que buscam uma conexão mais profunda com Deus.

Espero que este livro proporcione um conhecimento renovado da criação, aprofundando sua compreensão do intrincado projeto e propósito entrelaçados no universo, e ofereça uma oportunidade de meditar sobre a graça, a sabedoria e o poder ilimitados de Deus, o divino Criador, que sustenta todas as coisas e nos convida a nos maravilhamos com Sua obra.

Dongchan Kim (cyberspacedckim@gmail.com)

## 1. A criação do universo

Quando criança, você deve se lembrar de noites passadas em acampamentos no campo ou no alto das montanhas, contemplando inúmeras estrelas cintilando na vasta extensão acima, ou se maravilhando com estrelas cadentes que atravessam graciosamente o céu escuro. Essas experiências geralmente nos enchem de admiração e espanto, uma profunda apreciação pela imensa beleza e escala do universo. Nesses momentos, você pode ter sentido uma profunda conexão com o cosmos, acompanhada de um senso de humildade sobre o seu lugar dentro dele. Perguntas podem ter surgido em sua mente: Quantas estrelas enchem o céu? Poderia haver vida além do nosso mundo? Como o universo começou e como ele pode terminar? Quem criou tudo isso? A beleza de tirar o fôlego e a natureza enigmática do céu noturno despertam a curiosidade, convidando à reflexão sobre as origens do universo e nosso propósito dentro dele. Esses momentos de fascinação deixam uma marca duradoura, inspirando-nos a buscar respostas para os maiores mistérios da vida.

Neste capítulo, exploraremos a origem do universo a partir das perspectivas astronômica e bíblica. Forneceremos apoio científico para o registro da criação em Gênesis, comparando esses dois pontos de vista. Além disso, examinaremos o que foi criado primeiro, a Terra ou o Sol, se a Terra tem 6.000 anos de idade e o conceito de um universo com ajuste fino.

### a. A estrutura hierárquica do universo

Para discutir a origem do universo, vamos primeiro explorar sua estrutura hierárquica. Começaremos com nosso sistema solar e passaremos para a galáxia, galáxias externas, aglomerados de galáxias, superaglomerados e complexos de superaglomerados.

#### i. O sistema solar

O sistema solar consiste em uma estrela chamada Sol, oito planetas que a orbitam, o cinturão de asteroides entre Marte e Júpiter, o Cinturão de Kuiper e o membro mais externo, a Nuvem de Oort. Uma

estrela é definida como um corpo celeste autoluminoso alimentado por fusão nuclear, enquanto um planeta é um corpo celeste que reflete a luz de uma estrela.

A Terra é o terceiro planeta a partir do Sol. A distância da Terra até a Lua é de 384.000 km, o que leva 16 dias em um avião a 1.000 km/h. A distância da Terra ao Sol é de cerca de 150 milhões de quilômetros, ou uma unidade astronômica (UA), o que levaria 17 anos de avião. A distância até Netuno é de 30 UA, o Cinturão de Kuiper é de 30 a 50 UA e a Nuvem de Oort é de 2.000 a 200.000 UA. Na velocidade da luz, levaria 8,3 minutos para viajar da Terra até o Sol, 4 horas até Netuno e 9,5 meses (0,79 anos-luz) para alcançar a borda interna da Nuvem de Oort. De avião, levaria cerca de 850.000 anos.

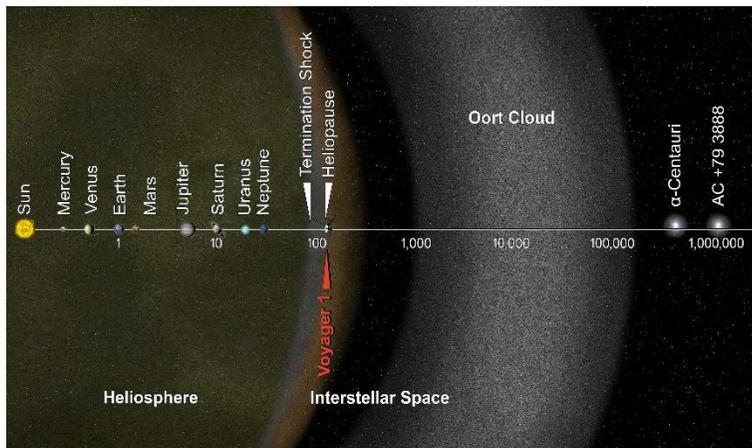


Fig. 1.1. Sistema solar incluindo o Cinturão de Kuiper e a Nuvem de Oort

Os cometas podem ser classificados como cometas de período curto e de período longo. O Cinturão de Kuiper é a fonte dos cometas de curto período, e a Nuvem de Oort é a fonte dos cometas de longo período. Devido às suas origens, os cometas têm órbitas altamente elípticas com grandes excentricidades. O Sol tem 109 vezes o tamanho da Terra, 333.000 vezes a sua massa e tem um período de rotação de aproximadamente 25 dias.

## ii. O sistema estelar

Ao deixar a Nuvem de Oort, você entra no reino das estrelas. A estrela mais próxima da Terra é a Próxima Centauri, que tem 14% do tamanho do Sol, 12% de sua massa e está a cerca de 4,2 anos-luz de distância. Viajar até lá de avião levaria aproximadamente 4,6 milhões de anos.

Se você observar atentamente as estrelas cintilantes no céu noturno, perceberá que elas têm várias cores. A cor de uma estrela depende da temperatura de sua superfície: as estrelas mais frias parecem avermelhadas, enquanto as mais quentes são esbranquiçadas. Por exemplo, Betelgeuse ( $\alpha$  Ori) é vermelha, o Sol é amarelo e Sirius ( $\alpha$  CMa), a estrela mais brilhante do céu noturno, é branca azulada.



Fig. 1.2. As estrelas exibem uma variedade de cores

A massa de uma estrela determina sua taxa de fusão nuclear, que, por sua vez, governa sua luminosidade e vida útil. As estrelas mais massivas consomem seu combustível mais rapidamente do que as estrelas menos massivas. As estrelas terminam suas vidas como anãs brancas, estrelas de nêutrons ou buracos negros. As estrelas com massas do núcleo inferiores a 1,4 massa solar tornam-se anãs brancas, aquelas com massas do núcleo entre 1,4 e 3 massas solares tornam-se

estrelas de nêutrons e explodem como supernovas, e aquelas com massas do núcleo superiores a 3 massas solares tornam-se buracos negros após passarem pelo estágio de estrela de nêutrons. Os remanescentes das explosões de supernovas podem ser reciclados para formar novas estrelas.

Normalmente, menos de cem estrelas são visíveis a olho nu em uma cidade e cerca de mil no campo em condições ideais. A maioria dessas estrelas está a menos de 50 anos-luz da Terra.

### iii. Nossa galáxia (Via Láctea)

A Via Láctea é uma galáxia espiral barrada que contém entre 200 e 400 bilhões de estrelas, além de grandes quantidades de gás, poeira e matéria escura. Seu diâmetro se estende por aproximadamente 100.000 anos-luz, enquanto sua espessura é de cerca de 1.000 anos-luz, tornando-a uma estrutura relativamente plana e semelhante a um disco com um bojo central.

O Sol está situado a cerca de 26.000 anos-luz do centro galáctico, orbitando-o uma vez a cada 220 milhões de anos, um período conhecido como ano galáctico. Nosso sistema solar reside próximo ao esporão de Órion, um braço menor localizado entre os braços espirais de Sagitário e Perseu. Posicionado cerca de 60 anos-luz acima do plano galáctico, esse local oferece uma perspectiva vantajosa para observar o universo em várias direções com obstrução mínima da densa poeira e gás dentro do disco galáctico.

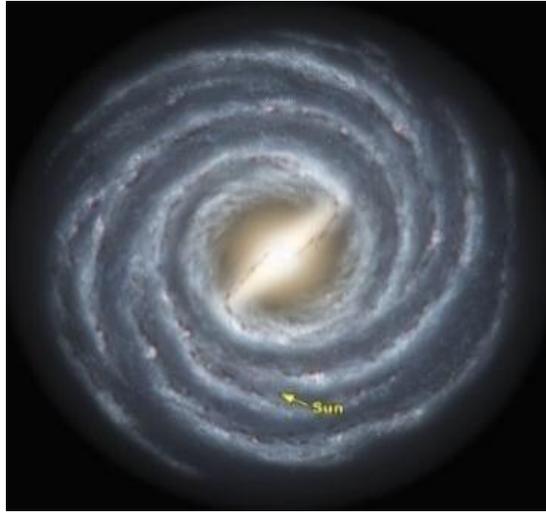


Fig. 1.3. Nossa galáxia (Via Láctea)

#### iv. Galáxias, aglomerados de galáxias e superaglomerados

A Galáxia de Andrômeda (M31) é a galáxia mais próxima da Via Láctea, localizada a cerca de 2,5 milhões de anos-luz da Terra. Ela é visível a olho nu no hemisfério norte (magnitude visual = 3,4) e tem um formato semelhante ao da Via Láctea. A Galáxia de Andrômeda está se aproximando da Via Láctea a uma velocidade de cerca de 110 km/s e espera-se que colida com ela em cerca de 4 bilhões de anos.

As galáxias podem ser amplamente categorizadas em três classes morfológicas principais: espiral, elíptica e irregular. Quando duas galáxias espirais colidem, suas interações gravitacionais podem levar a uma transformação dramática, geralmente resultando na formação de uma galáxia elíptica. Esse processo geralmente se desenvolve por meio de estágios que envolvem galáxias em interação, seguidos por uma fase de galáxia infravermelha luminosa (LIRG) ou galáxia infravermelha ultraluminosa (ULIRG).



Fig. 1.4. Galáxia espiral, galáxia elíptica e galáxia irregular

Se menos de 50 galáxias estiverem gravitacionalmente ligadas, elas são chamadas de "grupo de galáxias" e, se centenas ou milhares estiverem ligadas, são chamadas de "aglomerados de galáxias". Mais de 40 galáxias próximas, incluindo a Via Láctea e Andrômeda, pertencem ao Grupo Local. O Grupo Local e o Aglomerado de Virgem fazem parte do Superaglomerado de Virgem, que, por sua vez, faz parte do Superaglomerado de Laniakea.

Um complexo de superaglomerados, também conhecido como filamento galáctico ou cadeia de superaglomerados, é uma imensa estrutura em grande escala no universo, composta de vários superaglomerados de galáxias interconectados por vastas redes de galáxias, gás e matéria escura. Essas regiões interconectadas formam um padrão semelhante a uma teia e representam as maiores estruturas conhecidas no cosmos. Elas abrangem distâncias incríveis, variando de centenas de milhões a bilhões de anos-luz, ofuscando estruturas cósmicas menores. Entre elas, a Grande Muralha de Hércules-Corona Borealis destaca-se como o maior complexo de superaglomerados conhecido, um testemunho inspirador da escala do universo. No universo observável, estima-se que existam 200 bilhões de galáxias, espalhadas por uma distância impressionante de aproximadamente 93 bilhões de anos-luz, cada uma contribuindo para a intrincada tapeçaria das estruturas cósmicas.

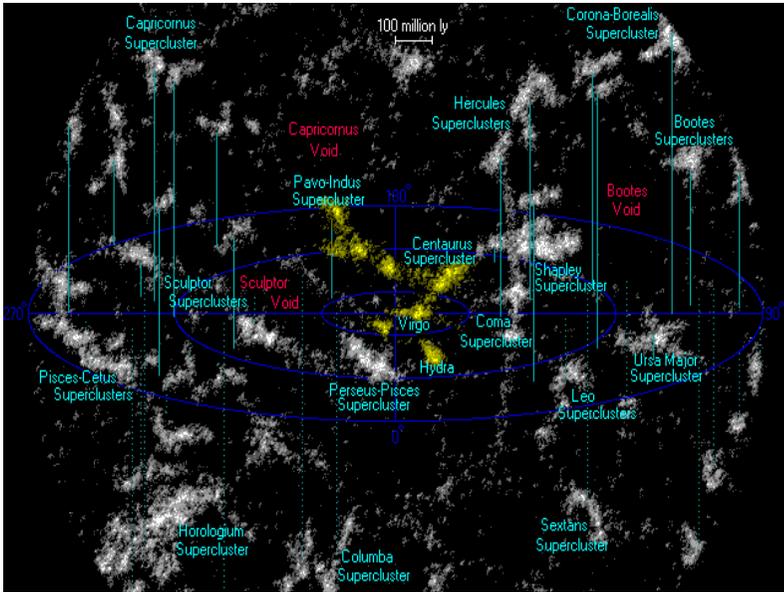


Fig. 1.5. Superaglomerados próximos (cor amarela: superaglomerado Laniakea)

## b. Criação do universo

Como o universo começou? Ele sempre existiu ou foi criado por Deus? Para explorar esse tópico, examinaremos a origem do universo conforme observada na astronomia e descrita no Livro de Gênesis, na Bíblia.

### i. Criação do Universo em Astronomia

A teoria mais amplamente apoiada sobre a origem do universo é a Teoria do Big Bang, que postula que o universo começou há aproximadamente 13,8 bilhões de anos como um ponto incrivelmente quente e denso que se expandiu rapidamente. Isso naturalmente levanta a intrigante questão: "O que existia antes do Big Bang? Uma das principais hipóteses afirma, com apoio crescente, que antes do Big Bang, o universo existia em um estado de flutuações quânticas dentro do vácuo, uma base dinâmica e probabilística da qual nosso universo surgiu.

Antes de Paul Dirac, o vácuo era visto como um espaço vazio sem nada dentro. Em 1928, Dirac combinou a mecânica quântica e a relatividade especial para descrever o comportamento de um elétron em velocidades relativísticas. É interessante notar que a equação sugeria duas soluções para o elétron: uma para um elétron com energia positiva e outra para um elétron com energia negativa. Dirac propôs que o vácuo não é um espaço vazio, mas preenchido com um número infinito de elétrons com energia negativa (pósitron). Por esse motivo, o vácuo é às vezes chamado de Mar de Dirac.

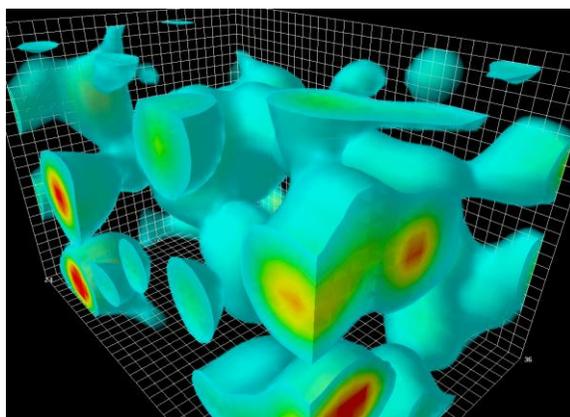


Fig. 1.6. Modelo 3-D de flutuações quânticas em um vácuo

Embora o Mar de Dirac pareça ser estático, ele nunca é estático devido ao princípio da incerteza de Heisenberg. Pares de partículas e antipartículas aparecem espontaneamente (produção de pares) e desaparecem (aniquilação de pares) de forma aleatória. A escala de tempo é de  $10^{-21}$  segundos e é invisível ao olho humano, mas se houver uma câmera que possa capturá-la, será como olhar para um mar flutuante. Isso é o que se chama de "flutuação quântica". O Big Bang surgiu do mar de flutuação quântica em um ponto singular. O próprio Big Bang é o início do universo.

Imediatamente após o Big Bang, o universo passou por mudanças rápidas devido à sua temperatura e densidade extremamente altas. De

$10^{-43}$ segundos (tempo de Planck) a  $10^{-36}$ segundos, o universo foi governado pela Teoria da Grande Unificação, em que as três forças (forças forte, fraca e eletromagnética) do Modelo Padrão foram unificadas. Em seguida, entrou na época inflacionária de  $10^{-36}$ segundos a  $10^{-32}$ segundos, na época eletrofraca de  $10^{-32}$ segundos a  $10^{-12}$ segundos, na época dos quarks de  $10^{-12}$ segundos a  $10^{-6}$ segundos, na época dos hádrons de  $10^{-6}$ segundos a 1 segundo e na época dos léptons de 1 segundo a 10 segundos.

No final da época dos léptons, ocorreu um evento dramático e fundamental. Os pares de léptons e anti-léptons, que consistiam principalmente de elétrons e pósitrons, sofreram aniquilação mútua. Esse processo liberou um número imenso de fótons (partículas de luz), inundando efetivamente o universo com luz. Esses fótons se tornaram a forma dominante de energia no cosmos, marcando o início do que é conhecido como a época dos fótons. Essa era, que durou de cerca de 10 segundos a 380.000 anos após o Big Bang, foi caracterizada por um plasma quente e denso de elétrons livres, núcleos e fótons. Durante esse período, os fótons foram espalhados por elétrons livres e prótons, impedindo-os de viajar livremente e tornando o universo opaco.

A época de recombinação ocorreu no final da época do fóton, onde outro evento importante aconteceu. Os elétrons se combinam com os prótons para formar o hidrogênio neutro e o hélio. Esse é o início da era dominada pela matéria. Quando isso aconteceu, o universo cheio de plasma gradualmente se tornou transparente e se transformou no espaço que podemos chamar de céu. Quando isso acontece, os fótons produzidos durante a época dos fótons, mas anteriormente confinados pelo plasma, agora podem se mover livremente pelo universo transparente. Esses fótons que se movem livremente são observados como luz muito brilhante e formam a radiação cósmica de fundo em micro-ondas.

As estrelas e galáxias que vemos hoje foram formadas a partir dos átomos criados durante a época de recombinação. Desde então, o universo continuou a se expandir após o Big Bang. Quando o universo

tinha 9,8 bilhões de anos, a energia escura começou a dominar, marcando o início da era dominada pela energia escura. Nessa era, o universo continua a se expandir em um ritmo acelerado. Essa expansão acelerada é o estado atual do universo.

## ii. O destino do universo (Big Bang novamente?)

O destino do universo depende de sua densidade geral. De acordo com as medições do WMAP, a densidade atual do universo é aproximadamente igual à densidade crítica (cerca de  $10^{-29} \text{g cm}^{-3}$ ) com uma margem de erro de 0,5%. Entretanto, essa incerteza significa que ainda não podemos determinar definitivamente o destino final do universo até que medições mais precisas sejam obtidas. Se a densidade do universo for maior do que a densidade crítica, as forças gravitacionais acabarão por superar a expansão, fazendo com que o universo entre em colapso em um evento catastrófico conhecido como Big Crunch, característico de um universo fechado.

Por outro lado, se a densidade for menor que a densidade crítica, o universo continuará a se expandir para sempre em um ritmo acelerado, levando a um cenário conhecido como Big Rip, característico de um universo aberto. Nesse caso, a temperatura do universo esfriará gradualmente à medida que a expansão progride, e a formação de estrelas acabará cessando devido ao esgotamento do meio interestelar necessário para a criação de estrelas. Com o passar do tempo, o universo se tornará cada vez mais escuro e frio, um processo geralmente chamado de "morte por calor".

As estrelas existentes ficarão sem combustível e deixarão de brilhar. Posteriormente, ocorrerá o decaimento dos prótons, conforme previsto pela Grande Teoria Unificada, quando a idade do universo estiver em torno de  $10^{32}$  anos. Por volta de  $10^{43}$  anos, os buracos negros começarão a se evaporar por meio da radiação Hawking. Depois que todas as matérias bariônicas tiverem decaído e todos os buracos negros tiverem evaporado, o universo será preenchido com radiação. A temperatura do universo esfriará até o zero absoluto e

tudo ficará escuro e vazio, semelhante ao estado do universo submetido a flutuações quânticas antes do Big Bang.

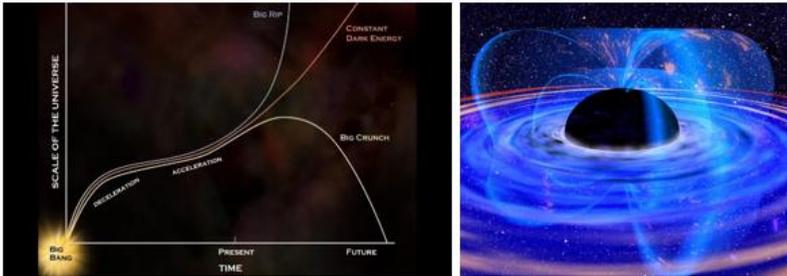


Fig. 1.7. Destino do universo e buraco negro em evaporação

Recentemente, duas megaestruturas cósmicas foram descobertas a 7 bilhões de anos-luz de distância da Terra, na direção da Ursa Maior. O Arco Gigante, descoberto em 2022, e o Grande Anel, descoberto em 2024, desafiam o princípio cosmológico que afirma que o universo é homogêneo e isotrópico em grande escala. Essas megaestruturas exigem uma explicação adequada. Uma possível explicação é que elas são enormes cordas cósmicas ou remanescentes da evaporação de Hawking de buracos negros supermassivos (pontos de Hawking) do Big Bang anterior.

Essa interpretação está relacionada à Cosmologia Cíclica Conformal (CCC) de Roger Penrose. A CCC é um modelo cosmológico baseado na relatividade geral, no qual o universo se expande para sempre até que toda a matéria se decomponha e deixe buracos negros. Na CCC, o universo passa por ciclos infinitos, com um novo Big Bang surgindo dentro do atual Big Bang em constante expansão.

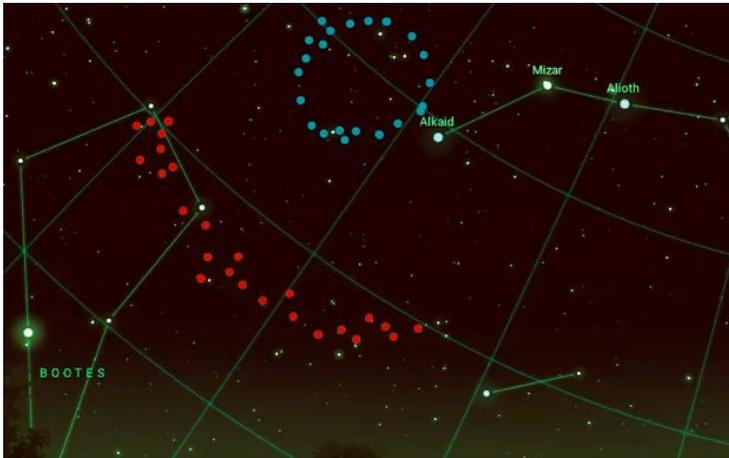


Fig. 1.8. Grande anel (azul) e grande arco (vermelho)

Pessoalmente, acho a CCC atraente porque ela oferece soluções potenciais para alguns problemas na evolução das galáxias. Existe uma correlação entre a massa de um buraco negro e a dispersão da velocidade estelar (a relação M-sigma). De acordo com essa relação, a massa de um buraco negro é cerca de 0,1% da massa de sua galáxia. Recentemente, o Chandra e o JWST descobriram uma galáxia intrigante, a UHZ1, por meio de lentes gravitacionais. A UHZ1 está a uma distância de 13,2 bilhões de anos-luz, vista quando nosso universo tinha apenas cerca de 3% de sua idade atual. A massa estimada do buraco negro UHZ1 acabou sendo maior do que a da galáxia hospedeira. Essa grande massa de buraco negro não pode ser explicada pelas teorias atuais de massa de buraco negro, mas pode ser explicada pela CCC. Isso pode ser entendido se o buraco negro em UHZ1 foi um buraco negro reciclado do Big Bang anterior e se tornou um buraco negro semente em UHZ1 durante o Big Bang atual.

Não sabemos como o novo Big Bang ocorre enquanto o Big Bang atual ainda está se expandindo. Poderíamos tentar usar o conceito de hiperespaço. Nesse cenário, o universo está se expandindo no espaço tridimensional. No entanto, imagine nosso universo tridimensional como uma superfície inserida em um espaço de dimensão superior

(hiperespaço). Esse espaço de dimensão superior poderia ser um espaço quadridimensional (ou mais) em que todo o nosso universo é apenas uma "fatia" ou uma "brana".

À medida que nosso universo continua a se expandir, ele pode acabar convergindo para um ponto singular nesse hiperespaço de dimensão superior, da mesma forma que uma superfície bidimensional pode se curvar e convergir para um ponto no espaço tridimensional. Esse ponto no hiperespaço poderia ser análogo ao gargalo de uma garrafa de Klein, uma forma de dimensão superior em que a superfície se volta sobre si mesma.

Quando a expansão do universo no espaço tridimensional converge para esse ponto singular no hiperespaço, isso pode criar condições em que a densidade de energia se torne extremamente alta. Se esse ponto singular no hiperespaço não puder acomodar a imensa energia e o influxo de energia do vácuo do atual universo em expansão, isso poderá resultar em uma explosão. Essa explosão seria o início de um novo Big Bang, criando um novo universo.

Dessa forma, o atual universo do Big Bang, em constante expansão, poderia levar à formação de um novo universo dentro da estrutura do hiperespaço, com a convergência para um ponto singular atuando como ponte entre os ciclos do CCC. Essa convergência de dimensões superiores fornece um mecanismo para ciclos contínuos de Big Bangs enquanto o universo atual ainda está em expansão, e a energia desse universo em expansão também poderia contribuir para a energia escura que impulsiona sua aceleração.

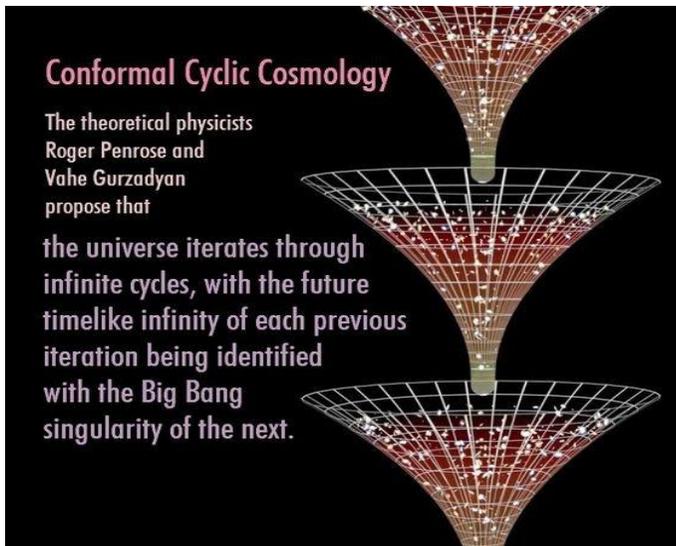


Fig. 1.9. Cosmologia cíclica conformacional

### iii. A criação do universo na Bíblia

Nesta seção, explorarei a criação do universo conforme descrita na Bíblia a partir de uma perspectiva astronômica, examinando como o relato bíblico pode se alinhar ao entendimento científico moderno. Essa análise se aprofundará nos possíveis paralelos entre o relato bíblico e as observações astronômicas. Embora essa abordagem ofereça uma perspectiva interessante, é importante reconhecer que há outras maneiras de interpretar o relato da criação na Bíblia. Essas interpretações podem variar com base em contextos teológicos, filosóficos e culturais, cada uma fornecendo percepções únicas sobre a profunda narrativa das origens do universo.

#### a) Deus declarou a criação do universo

A criação do universo é descrita em Gênesis, o primeiro livro da Bíblia.

"No princípio, Deus criou os céus e a Terra". (Gênesis 1:1)

Esse versículo introduz o ato de criação de Deus, afirmando que Ele é o iniciador de tudo o que existe. A frase "os céus e a Terra" engloba toda a criação, indicando a totalidade do universo.

"A terra era sem forma e vazia, e havia trevas sobre a face do abismo. E o Espírito de Deus pairava sobre a face das águas." (Gênesis 1:2)

O termo "terra" aqui representa a criação física e material (ou seja, a matéria bariônica) que Deus moldaria mais tarde. A frase "A terra era sem forma" pode ser interpretada como a descrição de um estado primordial de vazio, no qual nada ainda havia sido criado. O termo "vazio" significa um espaço vazio e, se não houver nada dentro desse espaço, ele pode ser legitimamente chamado de vácuo. Portanto, a frase "A terra era sem forma e vazia" sugere que, desde o início, o universo existia como um vácuo, um estado inicial de nada. A frase seguinte "havia trevas sobre a face do abismo" tem um significado profundo. A "escuridão" é חֹשֶׁךְ (choshek) em hebraico e significa literalmente escuridão total sem nenhuma luz. As "profundezas" são תְּהוֹמוֹת (tehom) em hebraico e derivam de תוֹם (hom), que significa "tumulto" ou "flutuação". Assim, "A Terra era sem forma e vazia, e havia trevas sobre a face do abismo" pode ser interpretado como a descrição da origem do universo a partir de um vácuo em um estado de escuridão e flutuação. Essa interpretação se alinha intimamente com a condição do universo em seu estágio inicial - pouco antes do Big Bang - quando ele existia como um vácuo passando por flutuações quânticas.

#### b) A criação da luz

O principal evento do primeiro dia da criação é a criação da luz.

"E disse Deus: 'Haja luz', e houve luz." (Gênesis 1:3)

O versículo afirma que Deus iniciou a criação do universo criando a luz. Da mesma forma, o Big Bang começou com uma série de épocas

rápidas que, no total, duraram menos de um segundo e, por fim, levaram à criação da luz (fótons) durante a época dos fótons. A criação da luz em Gênesis 1:3 corresponde notavelmente à criação da luz durante a época dos fótons - alinhando poderosamente o relato bíblico com esse momento crucial no universo primitivo.

### c) A criação do céu

O principal evento do segundo dia da criação é a criação do céu (céus).

"E Deus fez a abóbada e..., Deus chamou a abóbada de céu...."  
( Gênesis 1:7, 8 )

A criação do céu descrita em Gênesis pode ser correlacionada com a época de recombinação na cosmologia do Big Bang. Antes dessa época, o universo era opaco, preenchido por um plasma denso e quente de elétrons, nêutrons, prótons e fótons. Esse plasma dispersava os fótons, impedindo-os de viajar livremente e tornando o universo opaco à radiação. Durante esse período, o universo tinha cerca de 10 anos-luz de diâmetro, o que significa que não havia espaço livre para um "céu" visível.

Entretanto, na época da recombinação, o universo esfriou o suficiente para que os elétrons e prótons se combinassem e formassem átomos de hidrogênio neutros. Esse processo limpou o plasma, tornando o universo transparente e permitindo que os fótons viajassem livremente pelo espaço. Como resultado, surgiu uma vasta extensão transparente - que reconhecemos como o céu visível - com um raio de cerca de 42 milhões de anos-luz. Assim, a criação do céu em Gênesis 1:7-8 pode ser interpretada como uma referência a esse evento fundamental na história cósmica.

A tabela a seguir resume a criação do universo conforme descrito na Bíblia e conforme explicado pela astronomia. A comparação mostra que o relato da criação em Gênesis se alinha com os fatos astronômicos em um grau notável, afirmando que Deus já havia revelado essas

verdades por meio da Bíblia muito antes de serem descobertas pela ciência.

Gênesis	Astronomia
Flutuação do vácuo (Gênesis 1:2 - antes da Criação)	Flutuação do vácuo (antes do Big Bang)
Criação de luz (Gênesis 1:3 - Dia 1 da Criação)	Criação de luz (Época do fóton)
Criação do céu (Gênesis 1:7-8 - Dia 2 da Criação)	Criação do céu (Época de recombinação)

Tabela 1.1. Comparação da Criação em Gênesis e Astronomia

### c. O que foi criado primeiro, a Terra ou o Sol?

O principal evento do terceiro dia da criação em Gênesis é a criação da terra seca e do mar. Isso pode ser entendido como o período durante o qual a Terra foi formada e estruturada. O processo de coletar água e revelar a terra seca significa o desenvolvimento da superfície e das características geográficas da Terra. O principal evento do quarto dia em Gênesis é a criação do Sol. Portanto, a Terra foi criada antes do Sol. Será interessante examinar se o relato bíblico é consistente com as observações astronômicas. Vamos explorar isso.

As estrelas e os planetas são formados a partir de nuvens moleculares. As nuvens moleculares são compostas por cerca de 98% de gás (cerca de 70% de hidrogênio e 28% de hélio) e 2% de poeira (carbono, nitrogênio, oxigênio, ferro, etc.). A maioria das estrelas e dos planetas jovianos é feita de gás, e a maioria dos planetas terrestres é feita de poeira. As protoestrelas são formadas quando as nuvens moleculares entram em colapso sob sua própria gravidade. Durante esse processo, o material remanescente das nuvens moleculares forma um disco rotativo conhecido como disco protoplanetário, que é a região onde os planetas acabam tomando forma. O colapso gravitacional inicia o aquecimento e a compressão do núcleo, levando

ao nascimento de uma protoestrela, enquanto o disco giratório circundante fornece o ambiente para a formação e a evolução dos corpos planetários.

À medida que a protoestrela continua a se contrair, ela se torna uma estrela da sequência préprincipal e segue as trilhas de evolução estelar conhecidas como trilha Hayashi (para estrelas de baixa massa) e trilha Henyey (para estrelas de alta massa) no diagrama Hertzsprung-Russell (diagrama H-R). As estrelas da sequência pré-mãe podem ser observadas como estrelas T Tauri se sua massa for menor que 2 massas solares e como estrelas Herbig Ae/Be se sua massa for maior que 2 massas solares. A estrela da sequência pré-mãe continua a se contrair até que sua temperatura interna aumente para 10 a 20 milhões de graus. Nesse ponto, a estrela de sequência préprincipal inicia a fusão nuclear do hidrogênio e se torna uma verdadeira estrela no céu. As estrelas nesse estágio são chamadas de estrelas de sequência principal.

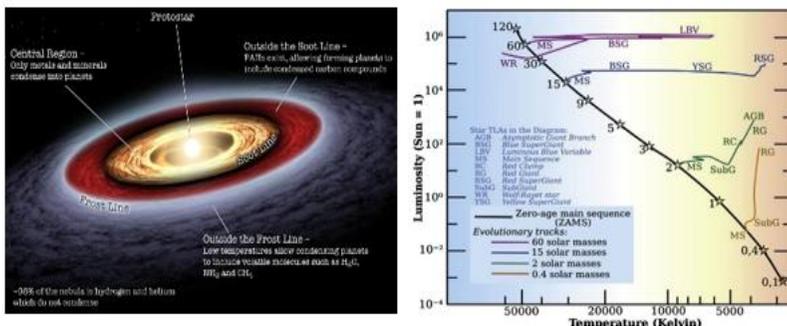


Fig. 1.10. Protostar e disco protoplanetário, e diagrama H-R

De acordo com a teoria da evolução estelar e os estudos de heliossismologia, o Sol permaneceu no estágio de sequência préprincipal por cerca de 40 a 50 milhões de anos, após o que se tornou uma estrela de sequência principal.

Enquanto a estrela está se formando no centro, os planetas estão se formando no disco protoplanetário. As colisões de partículas de poeira e gás formam seixos, os seixos se transformam em rochas e as rochas se transformam em planetesimais. Esses planetesimais são os blocos

de construção dos planetas.

Apenas recentemente os detalhes do processo de formação de planetas no disco protoplanetário foram ativamente estudados. Estudos preveem que serão necessários alguns milhões de anos para formar um planeta do tamanho da Terra a partir de seixos de 1 mm. Essa previsão pode ser testada com observações reais, incluindo imagens sub-milimétricas ALMA das estrelas T Tauri HL Tau e PDS 70.

A massa do HL Tau é de aproximadamente duas massas solares e sua idade é de cerca de um milhão de anos. A imagem revela que vários planetas já se formaram e estão orbitando a estrela central da sequência pré-mestra, conforme indicado pelas lacunas no disco protoplanetário. A massa do PDS 70 é de cerca de 0,76 massa solar e sua idade é de cerca de 5,4 milhões de anos. Dois exoplanetas, PDS 70b e PDS 70c, foram diretamente fotografados pelo ESO VLT. Em 2023, observações espectroscópicas do Telescópio Espacial James Webb detectaram água na região de formação de planetas terrestres do disco protoplanetário e sugeriram que dois ou mais planetas terrestres se formaram em seu interior. É importante observar que as nuvens de gás e poeira vistas no HL Tau foram amplamente removidas no PDS 70, e planetas terrestres contendo água se formaram no centro.

Foram necessários 5,4 milhões de anos para formar os planetas terrestres, mas mesmo que fossem necessários 10 milhões de anos, ainda seria muito menos do que os 40 milhões a 50 milhões de anos para o Sol se tornar uma estrela da sequência principal. Isso sugere que a Terra foi criada antes do Sol, conforme declarado em Gênesis, e é consistente com as observações astronômicas.

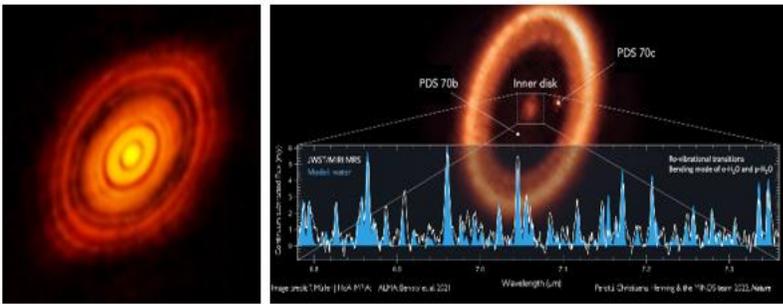


Fig. 1.11. HL Tau e PDS 70

Outro evento importante que Deus realizou no terceiro dia foi a criação de plantas e árvores. Os ateus e evolucionistas frequentemente perguntam como essas plantas e árvores poderiam ter sobrevivido se o Sol foi criado no quarto dia. Essa pergunta pode ser abordada dentro do contexto da teoria da evolução estelar. Quando a Terra foi formada, o Sol ainda estava no estágio de estrela T Tauri. Embora as estrelas T Tauri não sejam estrelas de sequência principal, a temperatura de sua superfície varia entre 4.000 e 5.000 Kelvin. A radiação de corpo negro nessa temperatura atinge o pico no comprimento de onda visível. Além disso, o tamanho do Sol como uma estrela T Tauri era várias vezes maior do que seu tamanho atual. Portanto, ele poderia fornecer energia suficiente na faixa de comprimento de onda visível para permitir a fotossíntese em plantas e árvores.

#### d. A Terra tem 6.000 anos de idade?

O 'criacionismo da Terra jovem' é a crença de que a Terra e o universo são relativamente jovens, normalmente com cerca de 6.000 a 10.000 anos, com base em uma interpretação literal do relato bíblico da criação em Gênesis. Os criacionistas da Terra jovem acreditam que a Terra foi criada em seis dias de 24 horas e rejeitam grande parte do consenso científico moderno com relação à idade da Terra e do universo. Extensas evidências científicas de vários campos, incluindo geologia, astronomia e física, indicam que a Terra tem

aproximadamente 4,6 bilhões de anos e o universo tem cerca de 13,8 bilhões de anos. Apesar dessa ampla evidência, os criacionistas da Terra jovem não concordam. Essa situação lembra o debate entre os modelos geocêntrico e heliocêntrico na época de Galileu Galilei.

Antes de nos aprofundarmos na discussão principal, vamos considerar alguns exemplos que facilitam a compreensão de que a Terra e o universo têm pelo menos vários milhões de anos.

A crosta terrestre é composta de placas tectônicas que se movem lentamente, causando terremotos. Ninguém negaria esse fato. Um ponto quente é um ponto onde o magma flui das profundezas do manto sob a crosta, com seu centro fixo no lugar. Quando o magma flui para a crosta e esfria, ele forma terra. As ilhas havaianas são um excelente exemplo desse processo. Na Ilha Grande do Havaí, o Kilauea ainda é um vulcão ativo e, à medida que o magma que entra em erupção esfria na água do mar, novas terras são formadas. A terra recém-formada se move para noroeste a uma taxa de cerca de 7 a 10 cm por ano devido à tectônica de placas, e esse processo criou as várias ilhas do Havaí. Isso está acontecendo mesmo agora, e é um fato inegável.

Considerando a velocidade com que as placas tectônicas se movem, as idades das ilhas havaianas são estimadas da seguinte forma: a Big Island tem 400.000 anos, Maui tem 1 milhão de anos, Molokai tem 1,5-2 milhões de anos, Oahu (onde fica Waikiki) tem 3-4 milhões de anos e Kauai tem cerca de 5 milhões de anos. Na Big Island, é possível ver que grande parte da terra ainda está coberta por solo vulcânico preto, o que indica um desgaste mínimo. Em contraste, Kauai passou por um desgaste significativo, permitindo que a vegetação florescesse, o que lhe rendeu o apelido de "Ilha Jardim". Esse exemplo fornece evidência direta de que a Terra tem pelo menos vários milhões de anos.

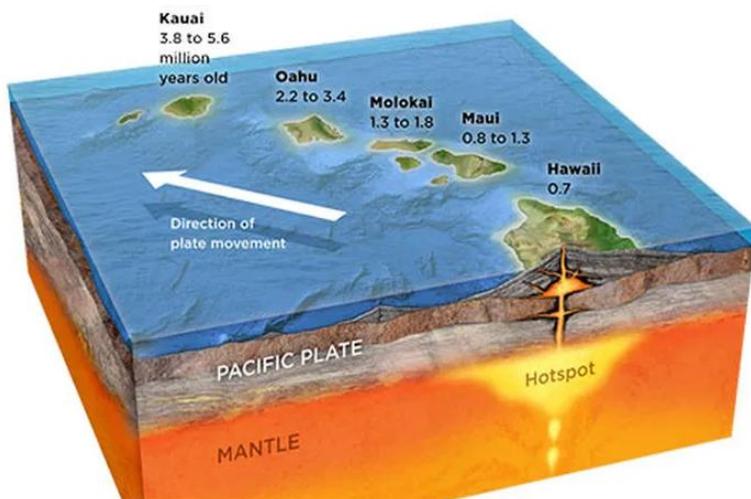


Fig. 1.12. História geológica das ilhas havaianas

Para entender diretamente que o universo tem pelo menos vários milhões de anos, basta aceitar que a luz viaja a 300.000 km por segundo. O Sol está a 150 milhões de quilômetros de distância da Terra. Portanto, a luz solar que recebemos agora foi gerada no Sol há 8,3 minutos. O Sol é cerca de 400 vezes maior que a Lua, mas como está muito mais distante, parece ter o mesmo tamanho da Lua no céu. Ninguém negaria esse fato. A Galáxia de Andrômeda é semelhante em tamanho à nossa Via Láctea, mas está a 2,5 milhões de anos-luz de distância, o que a faz parecer quatro vezes maior que a Lua. O fato de podermos ver a Galáxia de Andrômeda significa que a luz que estamos observando foi criada em Andrômeda há 2,5 milhões de anos e só agora chegou até nós. Se você viu a Galáxia de Andrômeda, não pode negar esse fato. Essa é uma evidência direta de que o universo tem pelo menos vários milhões de anos.

Apesar desses fatos, se alguém ainda insistir que a Terra tem 6.000 anos de idade, isso pode se tornar uma pedra de tropeço em vez de ajudar na divulgação do evangelho, podendo distanciar muitas pessoas dele. Portanto, em vez de defender o criacionismo da Terra jovem, talvez seja mais razoável ler cuidadosamente o Gênesis na Bíblia e

tentar encontrar uma solução.

Para os seres humanos, o tempo sempre flui do presente para o futuro e nunca para trás. Definimos um dia como 24 horas, mas se tivéssemos sido criados em outros planetas, um dia não teria 24 horas. Por exemplo, se fôssemos criados em Vênus, um dia seria 243 dias terrestres, e em Júpiter, um dia seria 10 horas terrestres. Portanto, a menos que mudemos nossa definição e percepção do tempo a partir de uma perspectiva geocêntrica, será difícil abordar essa questão. Vamos discutir mais sobre esse assunto com esses fatos em mente.

### i. Os dias em Gênesis

Primeiro, vamos estimar a idade do universo com base nos registros do Gênesis. De acordo com Gênesis, Deus criou o universo e tudo o que há nele em seis dias. O tempo decorrido de Adão a Noé pode ser estimado usando os registros genealógicos em Gênesis 5:3-32. O dilúvio de Noé ocorreu quando Noé tinha 600 anos de idade, e o número total de anos desde Adão até o dilúvio é de 1.656 anos. Não sabemos quando ocorreu o dilúvio de Noé. Alguns estudiosos e tradições bíblicas tentam datar o dilúvio usando as genealogias da Bíblia, estimando que ele ocorreu por volta de 2300-2400 a.C. Portanto, a idade do universo, de acordo com essa interpretação, é de 7 dias + 1.656 anos + 4.400 anos = 6.056 anos. Essa é a base teórica da afirmação dos criacionistas da Terra jovem de que a Terra tem 6.000 anos.

Para abordar o problema da idade do dia, vamos dar outra olhada em Gênesis. Embora pareça não haver problemas com os registros genealógicos em Gênesis, pode haver algum debate sobre o ano exato do dilúvio de Noé. No entanto, quer o dilúvio de Noé tenha ocorrido há 4.400 anos ou há 44.000 anos, isso não afeta significativamente a idade do universo, conforme entendida no contexto científico de 13,8 bilhões de anos. Então, onde está a chave para resolver o problema da idade do dia? Talvez você já tenha percebido - a chave está na interpretação dos primeiros sete dias da criação.

O motivo é simples: um dia é definido como o período de rotação do planeta em que vivemos. Para definir um dia, tanto o Sol quanto a Terra devem existir antes. No entanto, Gênesis registra que a Terra foi criada no terceiro dia e o Sol no quarto dia, mas Deus usou os termos "dia" e "noite" antes mesmo de sua criação. Isso implica que o "dia" em Gênesis não é o dia de 24 horas como o definimos, mas um "dia" como definido por Deus. A falácia dos criacionistas da Terra jovem está em seu mal-entendido de que o "dia" mencionado em Gênesis se refere a um dia humano literal de 24 horas, levando a uma interpretação errada do termo "dia" no relato de Gênesis.

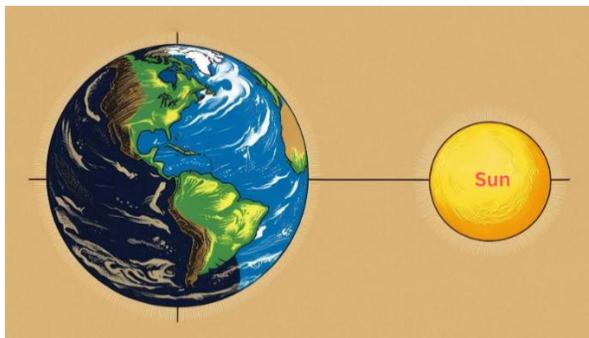


Fig. 1.13. Para definir um dia, a Terra e o Sol devem existir previamente.

Se os dias em Gênesis não são os períodos de 24 horas definidos pelos seres humanos, você pode se perguntar: "Qual é a duração dos dias em Gênesis em termos de dias humanos?". Embora não saibamos a resposta exata, podemos estimar um período aproximado comparando os eventos da criação descritos em Gênesis com os do Big Bang.

O principal evento do primeiro dia da criação é a criação da luz. A era dos fótons no Big Bang corresponde a esse evento, com o tempo humano do primeiro dia sendo de 380.000 anos. O principal evento do segundo dia da criação é a criação do céu. A época da recombinação corresponde a este evento, com o tempo humano do segundo dia sendo 100.000 anos. O principal evento do terceiro dia é a criação da

Terra. Como vimos na seção anterior, leva cerca de 10 milhões de anos para a Terra se formar, então o terceiro dia da criação teria durado mais de 10 milhões de anos. Da mesma forma, o principal evento do quarto dia é a criação do Sol. Como leva cerca de 40 a 50 milhões de anos para o Sol se formar, o quarto dia da criação teria durado mais de 40 milhões de anos. A tabela a seguir resume os resultados acima.

Dia na criação	Evento em Gênesis	Evento em Astronomia	Humanos tempo
Dia 1	Criação da luz	Criação da luz na época do fóton	380.000 anos
Dia 2	Criação do céu	Criação do céu na época da recombinação	100.000 anos
Dia 3	Criação da Terra	Criação da Terra	> 10 milhões de anos
Dia 4	Criação do Sol	Criação do Sol	> 40 milhões de anos

Tabela 1.2. Dias da criação em Gênesis interpretados no tempo humano

Aqui, percebemos alguns fatos inesperados sobre o conceito de tempo usado por Deus. Os dias na narrativa da criação são muito mais longos em comparação com um dia humano de 24 horas. Além disso, o tempo de Deus não é fixo, mas varia, indo de centenas de milhares de anos a mais de 40 milhões de anos. Como podemos entender isso? Em certo sentido, esse não é um resultado surpreendente, mas esperado.

## ii. O Criador do Tempo

O "dia" usado em Gênesis é yom (יוֹם) em hebraico. Yom pode ser interpretado de várias maneiras, incluindo uma que se refere à idade ou a um longo período de tempo. Essa interpretação sugere que cada "dia" da criação representa uma época longa durante a qual ocorreram atos específicos da criação. Outra interpretação é que "yom" significa um período de duração indeterminada. Essa visão postula que os dias de Deus não são limitados por restrições de tempo humanas,

reconhecendo que Deus, como criador do tempo, opera fora de nossas limitações temporais. Exemplos dessa interpretação podem ser encontrados na Bíblia.

Em 2 Pedro, no Novo Testamento, está escrito:

"Mas não se esqueçam de uma coisa, queridos amigos: Para o Senhor, um dia é como mil anos, e mil anos são como um dia." (2 Pedro 3:8)

Essa passagem tem o objetivo de incentivar aqueles que esperam pelas promessas de Deus a fazê-lo com paciência. Ela também pode sugerir que a perspectiva de Deus sobre o tempo é diferente da dos humanos, o que implica que Deus pode expandir ou contrair o tempo como Ele quiser. Entendemos que o tempo não é uma quantidade fixa. De acordo com a relatividade especial, o tempo passa mais lentamente para o observador em movimento do que para o observador em repouso na mesma estrutura inercial ( $t = t_0/\sqrt{1 - (v/c)^2}$ ). Na relatividade geral, o tempo passa mais lentamente em um campo gravitacional forte ( $t = t_0\sqrt{1 - (2GM/rc^2)}$ ).

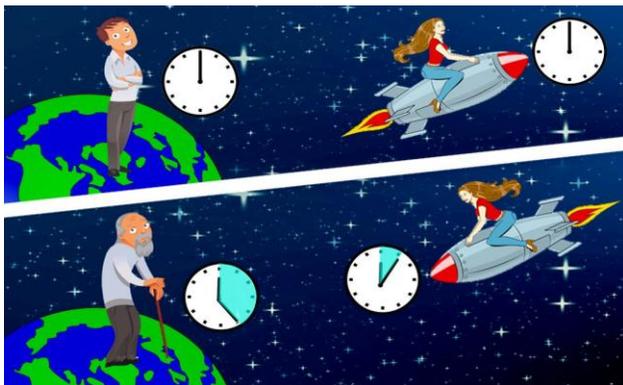


Fig. 1.14. Ilustração da dilatação do tempo

Deus não apenas expande ou contrai, mas também interrompe o tempo. No livro de Josué, no Antigo Testamento, está escrito:

"O sol parou no meio do céu e demorou um dia inteiro para se pôr" (Josué 10:13).

Esse milagre ocorreu durante a batalha de Josué contra os amorreus e demonstra que Deus tem o poder de congelar o tempo. Além disso, Deus realizou um milagre ainda mais surpreendente, conforme registrado em 2 Reis do Antigo Testamento:

"Então o profeta Isaías invocou o Senhor, e o Senhor fez a sombra voltar os dez degraus que havia descido na escada de Acáz." (2 Reis 20:11)

O versículo acima reflete a resposta de Deus à oração chorosa do rei Ezequias por uma vida mais longa. Em Sua misericórdia, Deus ouviu Ezequias e lhe concedeu mais 15 anos. Para confirmar Sua promessa, Deus realizou um sinal milagroso, fazendo com que a sombra na escada de Acáz (relógio de sol) recuasse dez degraus. Esse milagre indica que Deus tem o poder de reverter o tempo, um conceito que está além do escopo de nossa compreensão científica atual.



Fig. 1.15. Escadaria de Acáz (relógio de sol)

Para os humanos, o tempo flui unidirecionalmente do presente para o futuro, mas para Deus, como mostra a Bíblia, o tempo é uma variável que Ele pode controlar. Deus pode encurtar, estender, congelar ou até mesmo reverter o tempo, demonstrando Sua soberania sobre as leis naturais e destacando o contraste entre as limitações humanas e Seu poder infinito.

### e. O universo com ajuste fino

O universo bem ajustado expressa o fato de que as constantes físicas fundamentais que compõem e operam o universo são ajustadas com extrema precisão para que a vida exista no universo.

Se a densidade do universo fosse maior do que a densidade crítica, o universo teria se contraído imediatamente após sua formação. Por outro lado, se fosse menor que a densidade crítica, o universo teria se expandido muito rapidamente, impedindo a formação de estrelas e galáxias. Em ambos os casos, nós não existiríamos neste mundo.

Em seu livro *The Emperor's New Mind (A nova mente do imperador)*, Penrose usou a fórmula de Bekenstein-Hawking para a entropia do buraco negro para estimar as probabilidades do Big Bang. Ele calculou que a probabilidade de o universo ter surgido de uma forma que desenvolvesse e sustentasse a vida como a conhecemos é de 1 em 10 elevado à potência de  $10^{123}$ . Isso sugere que nosso universo não surgiu de um acaso ou processo aleatório, mas por meio de um extraordinário ajuste fino feito pelo Criador divino!

As constantes fundamentais da física, como a constante gravitacional, a velocidade da luz no vácuo, a constante de Planck, a constante de Boltzmann, a constante elétrica, a carga elementar e a constante de estrutura fina, etc., devem ser ajustadas para que a vida exista no universo. Se essas constantes fossem ligeiramente diferentes, o universo seria incapaz de suportar a vida.

Por exemplo, se a constante gravitacional fosse menor do que é agora, a força da gravidade seria mais fraca. Essa atração gravitacional reduzida impossibilitaria que a matéria se aglutinasse em estrelas, galáxias e planetas, inclusive a Terra em que vivemos hoje. Se a constante de Planck fosse maior do que é atualmente, ocorreriam várias mudanças fundamentais no universo físico. Em primeiro lugar, a intensidade da radiação solar diminuiria, fazendo com que menos energia do Sol chegasse à Terra. Essa redução na energia afetaria muitos processos naturais, inclusive o clima e os padrões

meteorológicos. Além disso, valores maiores da constante de Planck aumentariam o tamanho dos átomos, pois a quantização dos níveis de energia atômica seria alterada. Esse aumento enfraqueceria a força de ligação dos átomos e moléculas, tornando as reações químicas menos estáveis. A fotossíntese nas plantas, que depende da absorção precisa da energia luminosa para converter dióxido de carbono e água em glicose, se tornaria menos eficiente. Os processos bioquímicos e físicos gerais que dependem do equilíbrio atual da mecânica quântica seriam alterados, resultando em um ambiente extremamente diferente e menos estável para a vida.

Entre as constantes fundamentais, a constante de estrutura fina tem atraído atenção especial dos físicos. A constante de estrutura fina, denotada pela letra grega  $\alpha$ , quantifica a força da interação eletromagnética entre partículas elementares carregadas.

$$\alpha = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{\hbar c} \approx \frac{1}{137}$$

É uma quantidade sem dimensão com um valor aproximado de  $1/137$ , um número que tem intrigado os físicos desde sua descoberta. Seu valor exato é crucial para a estabilidade do universo e a existência da vida. Se ele fosse ligeiramente diferente de seu valor atual, a vida como a conhecemos não existiria.

Se  $\alpha$  fosse maior que  $1/137$ , a interação eletromagnética entre as partículas se tornaria mais forte. Isso faria com que os elétrons ficassem mais fortemente ligados ao núcleo, reduzindo o tamanho dos átomos e facilitando a formação de elementos pesados, enquanto os elementos leves, como o hidrogênio, teriam menos probabilidade de se formar. Como o hidrogênio é uma matéria-prima essencial para a fusão nuclear, essa mudança afetaria diretamente a sobrevivência da vida ao limitar a disponibilidade do hidrogênio necessário para a produção de energia no Sol e nas estrelas. Por outro lado, se  $\alpha$  fosse menor que  $1/137$ , a interação eletromagnética entre as partículas se tornaria mais fraca. Os elétrons ficariam menos ligados ao núcleo, o que levaria a átomos e moléculas instáveis. Essa instabilidade faria com

que os átomos e as moléculas se decomposessem mais facilmente, impedindo a formação de moléculas complexas como o DNA e as proteínas, que são essenciais para a vida. Portanto, qualquer alteração significativa na constante de estrutura fina teria implicações profundas na formação da matéria e no potencial de vida no universo.

Não sabemos a origem de seu valor numérico  $\alpha \approx 1/137$ . Dirac considerou a origem do  $\alpha$  como "o problema mais fundamental não resolvido da física". Feynman descreveu o  $\alpha$  como um "número de Deus" ou "número mágico" que molda o universo e que chega até nós sem que o compreendamos. Pode-se dizer que a "mão de Deus" escreveu esse número, e "não sabemos como Ele empurrou o lápis".

Se reescrevermos a equação de  $\alpha$ , ela poderá representar várias proporções: a velocidade dos elétrons em relação à velocidade da luz (ou seja, a luz viaja 137 vezes mais rápido do que os elétrons), a repulsão eletrostática em relação à energia de um único fóton e o raio clássico do elétron em relação ao comprimento de onda reduzido de Compton do elétron. Além disso, a razão entre a força eletromagnética e a força gravitacional é  $10^{36}$ , e a razão entre a força eletromagnética e a força forte é  $1/137$ . Assim, o valor numérico da constante sem dimensão  $\alpha$  poderia servir como ponto de referência para as quatro forças fundamentais.

Conforme mencionado no Capítulo 3, "Física de Partículas e Criação", toda a matéria no universo (bárions) é composta pelas partículas fundamentais descritas pelo Modelo Padrão — quarks, leptons, bósons de calibre e o bóson de Higgs — num total de 17. Cada partícula possui sua própria massa, carga e spin únicos. Se qualquer uma dessas propriedades fundamentais fosse mesmo que ligeiramente diferente, as estruturas atômicas, moleculares, biológicas e cósmicas que conhecemos não existiriam.

Por exemplo, se a diferença de massa entre os quarks up e os quarks down fosse alterada, o delicado equilíbrio que torna os prótons estáveis e os nêutrons apenas ligeiramente mais pesados seria perturbado. Nesse caso, o hidrogênio não poderia se formar ou

núcleos mais pesados não poderiam ser sintetizados, tornando os átomos impossíveis. Se a massa do elétron fosse significativamente diferente, os tamanhos atômicos e os níveis de energia mudariam, e as ligações químicas estáveis não ocorreriam mais, impedindo a formação de moléculas complexas. Se as propriedades do bóson de Higgs fossem alteradas, o mecanismo que dá massa a todas as partículas elementares seria alterado, remodelando a própria estrutura do universo.

Além disso, se as cargas elétricas dos prótons e elétrons não fossem exatamente iguais e opostas, os átomos neutros não poderiam existir. Se as cargas dos quarks fossem diferentes, as propriedades dos prótons e nêutrons mudariam, prejudicando a possibilidade de núcleos atômicos. Se os elétrons não tivessem um spin de  $1/2$ , o princípio de exclusão de Pauli não se sustentaria e os átomos não poderiam manter sua estrutura. Da mesma forma, se os bósons não tivessem valores de spin inteiros, a estrutura do campo quântico que permite que forças como o eletromagnetismo, a força forte e a força fraca operem entraria em colapso. Finalmente, se o bóson de Higgs não fosse uma partícula de spin 0, o próprio mecanismo de geração de massa falharia e as partículas não poderiam existir em sua forma atual.

O universo finamente ajustado reflete o equilíbrio e a precisão surpreendentes que sustentam a existência de todas as coisas. Desde a densidade crítica do universo, definida com uma exatidão inimaginável, até o cálculo de Penrose da probabilidade infinitesimal de tais condições iniciais, passando pelos valores delicados da constante gravitacional, da constante de Planck e da constante de estrutura fina, cada detalhe aponta para um cosmos que é primorosamente calibrado para a vida. Até mesmo as próprias partículas fundamentais — quarks, leptons, bósons e o Higgs — possuem precisamente as massas, cargas e spins certos para permitir a existência de átomos, moléculas, estrelas e, em última instância, seres vivos. Tal harmonia não pode ser atribuída razoavelmente ao acaso cego.

Essa precisão extraordinária não apenas inspira admiração, mas também nos leva a fazer perguntas mais profundas sobre a origem e o propósito do universo. A interação perfeita das leis físicas traz a marca de um projeto intencional, e o conceito de criação divina oferece uma explicação profunda e convincente. Assim como uma orquestra produz uma bela sinfonia somente quando todos os instrumentos estão perfeitamente afinados, o universo também testemunha a sabedoria e o poder do Criador, que ordenou todas as coisas com propósito e significado.

Se aqueles que simplesmente descobriram os princípios fundamentais do universo — gravidade, relatividade, princípio da incerteza, princípio de exclusão de Pauli e mecanismo de Higgs — são honrados como gênios e premiados com o Prêmio Nobel, quão maior é Deus, o Criador que não apenas concebeu essas leis e princípios, mas também trouxe todo o universo à existência?

## 2. A obra-prima de Deus, a Terra

A Terra em que vivemos oferece várias condições de ajuste fino essenciais para a sobrevivência dos organismos vivos. Essas condições são tão precisas que muitas vezes servem como uma extensão do universo bem ajustado.

Nesse contexto, exploraremos dez condições especiais da Terra que são particularmente únicas e cruciais para sustentar a vida como a conhecemos. Essas condições destacam o extraordinário equilíbrio e a precisão necessários para sustentar os organismos vivos, tornando nosso planeta um oásis excepcional na vasta extensão do universo. Ao examinar esses atributos exclusivos, podemos apreciar melhor a intrincada interação de fatores que permitem que a vida prospere na Terra.

### a. Distância correta do sol

A presença de água líquida é fundamental para a vida. Para ter água líquida, um planeta deve orbitar em uma região específica ao redor de sua estrela central. Se o planeta estiver muito perto da estrela, toda a água entrará em ebulição e, se estiver muito longe, toda a água congelará. A faixa de órbitas em que a água não ferve nem congela é chamada de "zona habitável". A zona habitável estimada em nosso sistema solar está entre 0,95 UA e 1,37 UA (1 UA é a distância da Terra ao Sol). Portanto, se a Terra estivesse 5% mais próxima ou 15% mais distante do Sol, não estaríamos aqui.

A porcentagem da zona habitável que ocupa o plano eclíptico esticado até Netuno (30 UA) é de apenas 0,05%. A excentricidade da órbita da Terra é outro fator importante que afeta o alcance da zona habitável. Por exemplo, se a excentricidade fosse maior que 0,5, toda a água ferveria duas vezes por ano perto do periélio e congelaria duas vezes por ano perto do afélio. Felizmente, a excentricidade da Terra é de apenas 0,017, resultando em uma órbita quase circular.

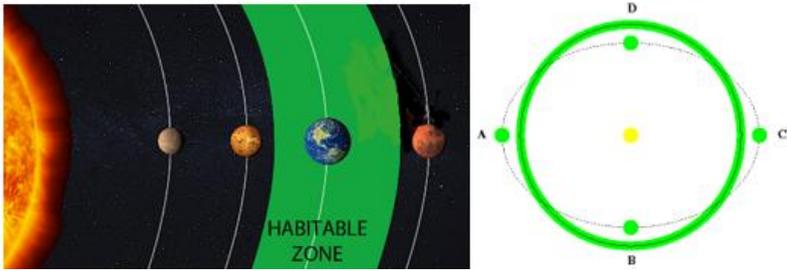


Fig. 2.1. Zona habitável (verde) no sistema solar

### b. A inclinação axial direita

O eixo de rotação da Terra está inclinado em cerca de 23,5 graus. Por esse motivo, podemos ter quatro estações e clima ameno. O que acontecerá se o eixo de rotação não estiver inclinado (0 graus, cf. inclinação axial em Mercúrio= 0,0 graus) ou estiver completamente inclinado (90 graus, cf. inclinação axial em Urano = 82,2 graus)?

Se o eixo de rotação da Terra não fosse inclinado, ocorreriam várias mudanças significativas em termos de clima, estações do ano e habitabilidade. O equador receberia luz solar constante e direta durante todo o ano, resultando em temperaturas perpetuamente quentes. Por outro lado, os polos sempre receberiam luz solar mínima, resultando em um frio perpétuo. Esse drástico contraste de temperatura afetaria significativamente os climas globais e os padrões meteorológicos.

A ausência de estações teria impactos profundos nos ecossistemas e na agricultura. As regiões próximas ao equador podem se tornar quentes demais para que muitas culturas e organismos se desenvolvam, enquanto as regiões polares permaneceriam inóspitas e frias. As latitudes médias se tornariam as principais zonas habitáveis, mas mesmo essas áreas não teriam as variações sazonais das quais muitas plantas e animais dependem para seus ciclos de vida e reprodução.

As sociedades humanas enfrentariam sérios desafios, incluindo a redução da produtividade agrícola e o aumento da pressão sobre as

terras habitáveis. A falta de sinais sazonais também poderia interromper as atividades culturais e econômicas que dependem da mudança das estações. De modo geral, uma Terra não inclinada levaria a um ambiente menos dinâmico e menos hospitaleiro para a vida.

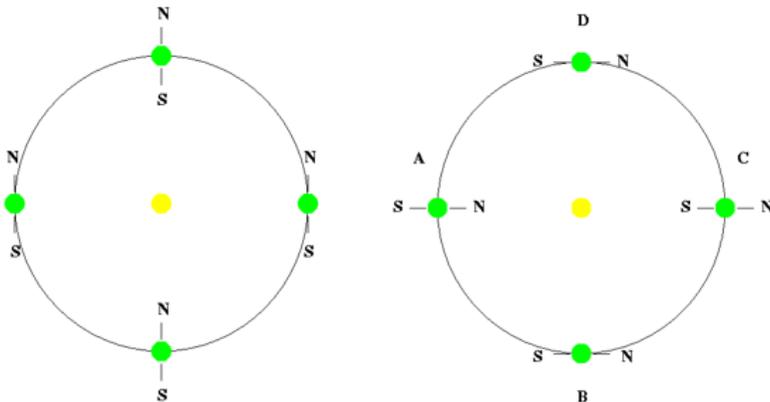


Fig. 2.2. Inclinação axial da Terra. Sem inclinação (esquerda) e inclinação de 90 graus (direita)

Se o eixo de rotação da Terra fosse completamente inclinado a 90 graus, isso teria efeitos profundos e dramáticos sobre o clima e o meio ambiente do planeta. Nesse cenário, um hemisfério teria luz do dia contínua durante metade do ano, enquanto o outro estaria em constante escuridão, e então a situação se inverteria na outra metade do ano.

Cada hemisfério passaria por variações sazonais extremas. Durante o verão, um hemisfério receberia luz solar constante, levando a períodos prolongados de calor intenso e condições potencialmente desérticas. Por outro lado, durante o inverno, o mesmo hemisfério experimentaria escuridão contínua e temperaturas congelantes.

As mudanças drásticas na luz e na temperatura afetariam gravemente os ecossistemas. Muitas plantas e animais estão adaptados ao ciclo sazonal atual, e essas mudanças extremas ameaçariam sua sobrevivência.

A agricultura, que depende de estações previsíveis, seria

significativamente afetada. As regiões atualmente adequadas para a agricultura podem se tornar inabitáveis, levando à escassez de alimentos e à necessidade de grandes adaptações nas práticas agrícolas.

De modo geral, um eixo completamente inclinado tornaria a Terra muito menos hospitaleira para a vida, criando condições ambientais extremas e instáveis.

### **c. A rotação correta e os períodos orbitais**

O período de rotação da Terra é de 24 horas, com cerca de 12 horas de dia e 12 horas de noite. Nosso biorritmo foi moldado pelo período de rotação da Terra. O período de rotação de 24 horas proporciona um bloco de tempo ideal para 8 horas de trabalho, 8 horas de sono e 8 horas de lazer. Entretanto, nem todos os planetas do sistema solar têm um período de rotação ideal. Por exemplo, o período de rotação de Júpiter é de cerca de 10 horas, enquanto o de Vênus é de 243 dias.

Se o período de rotação da Terra fosse reduzido para 10 horas, isso causaria um impacto significativo no meio ambiente e na vida do planeta. Uma rotação mais rápida resultaria em dias e noites mais curtos, causando uma rápida alternância entre a luz do dia e a escuridão. Isso poderia perturbar os ritmos circadianos de muitos organismos, afetando os padrões de sono, os comportamentos de alimentação e os ciclos de reprodução.

O aumento da velocidade de rotação também levaria a efeitos de Coriolis mais fortes, intensificando os padrões climáticos e podendo causar tempestades e furacões mais severos. A rotação mais rápida também poderia afetar a atividade tectônica da Terra. O aumento da força centrífuga pode levar a terremotos e erupções vulcânicas mais frequentes e intensos.

Por outro lado, se o período de rotação da Terra fosse de 243 dias, como em Vênus, as consequências para o planeta e seus habitantes seriam drásticas. Uma rotação tão lenta significaria dias e noites extremamente longos, cada um com duração de cerca de 120 dias.

O lado voltado para o Sol sofreria aquecimento prolongado, levando a temperaturas escaldantes, enquanto o lado voltado para o lado oposto sofreria escuridão prolongada e resfriamento severo, podendo congelar. Esses extremos de temperatura tornariam difícil a sobrevivência da maioria das formas de vida. Os períodos prolongados de aquecimento e resfriamento interromperiam a circulação atmosférica, provavelmente causando padrões climáticos extremos. Furacões, tempestades de grandes proporções e secas ou inundações prolongadas poderiam se tornar comuns.

Os longos períodos de luz do dia e escuridão interromperiam gravemente os ciclos de vida das plantas e dos animais, afetando a fotossíntese, a reprodução e os padrões de alimentação.

As atividades humanas, a agricultura e a infraestrutura precisariam de uma adaptação significativa para lidar com as condições adversas e variáveis, o que representaria um enorme desafio à sobrevivência e à vida cotidiana.

O período orbital da Terra também é importante para a sobrevivência humana. O período orbital da Terra é de 365 dias, com 3 meses para a primavera, o verão, o outono e o inverno. A duração de cada estação é bem equilibrada, garantindo que nenhuma estação seja muito curta ou muito longa. Esse equilíbrio é fundamental para os ciclos agrícolas, o crescimento das plantas, o momento das migrações de animais e outros processos ecológicos.

O que aconteceria se a Terra tivesse um período orbital curto, de 88 dias, semelhante ao de Mercúrio? Nesse cenário, cada estação duraria apenas cerca de 3 semanas. A maioria das plantações na Terra requer de 6 a 9 meses, desde a semeadura na primavera até a colheita no outono. Entretanto, com as estações mudando a cada 3 semanas, as plantações não teriam tempo suficiente para amadurecer, levando a uma grave escassez de alimentos e afetando diretamente a sobrevivência humana.

Por outro lado, o que acontece se a Terra tiver um período orbital longo, como 164 anos, semelhante ao de Netuno? Cada estação

duraria cerca de 40 anos. Verões prolongados levariam a ondas de calor prolongadas e possível desertificação, enquanto invernos prolongados causariam longos períodos de frio e gelo, afetando a agricultura e os ecossistemas. Embora os seres humanos possam se adaptar para evitar a escassez de alimentos, os animais selvagens teriam dificuldades para encontrar comida durante um inverno de 40 anos. As condições severas e prolongadas tornariam quase impossível a sobrevivência da maioria dos animais selvagens, levando a uma extinção generalizada.

#### **d. O tamanho certo**

Talvez você não tenha pensado nisso, mas o tamanho da Terra é fundamental para a sobrevivência dos seres humanos. O tamanho do planeta afeta sua atração gravitacional, que, por sua vez, influencia tudo, desde a retenção de uma atmosfera que sustenta a vida até a capacidade de suportar corpos d'água estáveis e manter um campo magnético protetor.

Se a Terra tivesse a metade de seu tamanho atual, a gravidade seria reduzida à metade da gravidade atual. A gravidade reduzida teria impactos significativos e potencialmente devastadores sobre a capacidade do planeta de sustentar a vida. A gravidade reduzida pode não ser forte o suficiente para reter uma atmosfera densa. Essa atmosfera mais fina ofereceria menos proteção contra a radiação solar prejudicial e os meteoróides e poderia não suportar os padrões climáticos estáveis necessários para a vida.

A gravidade reduzida também afetaria a retenção de água líquida, levando ao aumento das taxas de evaporação e, possivelmente, à perda de água da superfície ao longo do tempo. Isso dificultaria a manutenção de oceanos, rios e lagos, que são essenciais para sustentar diversos ecossistemas e a civilização humana.

Além disso, uma Terra menor teria um campo magnético reduzido, oferecendo menos proteção contra o vento solar. Isso poderia remover a atmosfera e expor ainda mais a superfície à radiação cósmica e solar nociva, tornando o planeta muito menos hospitaleiro para os seres

humanos e outras formas de vida.

Se a Terra tivesse o dobro de seu tamanho atual, os efeitos sobre a gravidade e a velocidade de escape seriam significativos e teriam implicações profundas para a vida no planeta. A gravidade aumentaria, fazendo com que tudo na Terra parecesse mais pesado, e a velocidade de escape também dobraria. Essa gravidade aumentada tornaria o movimento mais extenuante para os seres humanos e outros organismos, podendo levar a um maior estresse físico e adaptações ao longo do tempo.

A combinação do aumento da gravidade e da velocidade de escape também teria impacto na atmosfera. Uma atração gravitacional mais forte reteria mais gases, inclusive os tóxicos, como metano e amônia, semelhantes às atmosferas de Saturno e Júpiter. Esses gases poderiam se acumular em níveis prejudiciais, criando um ambiente tóxico inadequado para a maioria das formas de vida.

Além disso, o aumento da gravidade poderia afetar os processos geológicos, levando a uma atividade vulcânica mais intensa e a montanhas mais altas. De modo geral, uma Terra maior, com maior gravidade e velocidade de escape, apresentaria desafios significativos para a sobrevivência da vida, podendo resultar em um ambiente mais hostil e instável.

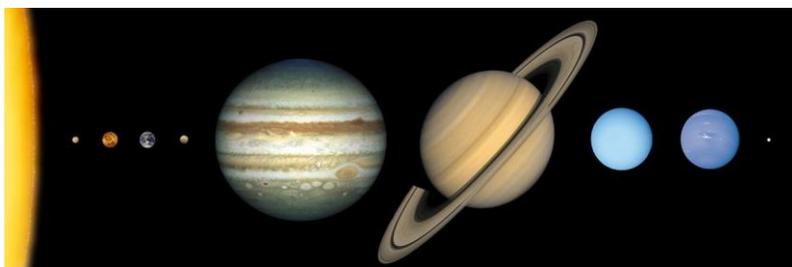


Fig. 2.3. Comparação dos tamanhos dos planetas do sistema solar

#### e. A existência da magnetosfera

A Terra é cercada por um sistema de campos magnéticos conhecido como magnetosfera, que protege o planeta da radiação solar e cósmica

nociva. Esse escudo protetor é fundamental para a manutenção da vida na Terra. Para ter uma magnetosfera, dois fatores são essenciais: a velocidade de rotação adequada e a existência de um núcleo externo líquido metálico. Felizmente, a Terra possui ambos. A rotação do planeta induz movimentos fluidos (convecção) dentro do núcleo externo líquido, gerando fortes campos magnéticos que formam a magnetosfera.

O que aconteceria se não tivéssemos uma magnetosfera? Se a Terra não tivesse uma magnetosfera, as consequências para os organismos vivos e a atmosfera seriam graves. Sem esse escudo protetor, a radiação solar e cósmica nociva bombardearia o planeta, aumentando significativamente o risco de câncer e mutações genéticas nos organismos vivos. Além disso, a magnetosfera ajuda a evitar a perda atmosférica ao desviar as partículas carregadas do vento solar. Sem ela, essas partículas destruiriam a atmosfera ao longo do tempo por meio do processo de pulverização catódica, esgotando gases essenciais como oxigênio e nitrogênio. Essa erosão atmosférica levaria a uma atmosfera mais fina, pressão superficial reduzida e variações extremas de temperatura, tornando a Terra menos hospitaleira para a vida.

A força do campo magnético em Marte é cerca de 0,01% da força da Terra. Devido a um campo magnético fraco, a magnetosfera global não pôde ser formada em Marte e, como resultado, a maior parte do ar foi removida pelo processo de pulverização catódica.

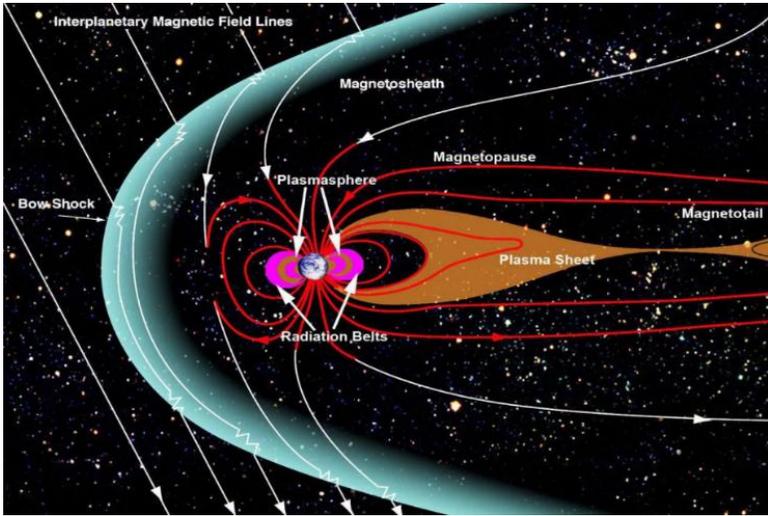


Fig. 2.4. A magnetosfera da Terra desvia os raios cósmicos nocivos

As linhas de campo da magnetosfera convergem nos polos próximos ao Ártico e à Antártica, causando um enfraquecimento natural da força do campo magnético. Isso pode resultar em maior exposição à radiação solar nessas áreas. As partículas carregadas de alta energia ionizam e excitam os átomos na atmosfera superior e produzem a colorida aurora boreal (luzes do norte) e aurora austral (luzes do sul)

#### f. A existência de uma lua excepcionalmente grande

A Terra tem uma lua excepcionalmente grande em comparação com outros planetas. Entre os planetas terrestres, somente a Terra e Marte possuem luas. Marte tem duas pequenas luas, Fobos e Deimos, que receberam o nome de personagens gêmeos da mitologia grega, com diâmetros de 22,2 km e 12,6 km, respectivamente. Em contraste, a Lua da Terra tem um diâmetro de 3.475 km, o que a torna muito maior do que as luas de Marte.

A existência de uma Lua grande desempenha dois papéis importantes no apoio à sobrevivência humana: i) estabilizar o eixo de rotação da Terra e ii) manter os ecossistemas marinhos.

Sem a Lua, as maiores forças gravitacionais que atuariam na Terra seriam as do Sol e de Júpiter. Como a Terra orbita o Sol, graus variados de força gravitacional do Sol e de Júpiter desestabilizariam o eixo de rotação da Terra. Se o eixo de rotação da Terra oscilasse significativamente, sofreríamos sérias mudanças climáticas, conforme discutido na seção anterior.

De fato, nos últimos 6 milhões de anos, Marte passou por mudanças substanciais em seu eixo de rotação e excentricidade aproximadamente a cada 150.000 anos devido à ausência de uma lua grande estabilizadora. Durante esse período, o eixo de rotação variou entre 15 e 45 graus, enquanto a excentricidade variou entre 0 e 0,11.

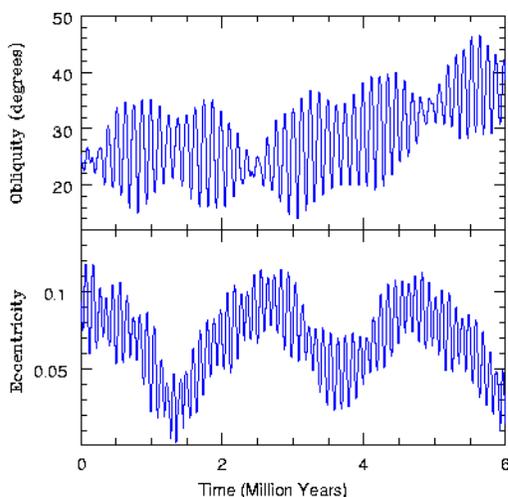


Fig. 2.5. Eixo de rotação e mudanças de excentricidade em Marte

As marés oceânicas são causadas principalmente pela força gravitacional da Lua. As marés fornecem oxigênio aos plânctons flutuantes e os distribuem em grandes áreas, onde são consumidos por peixes pequenos. As marés também misturam água doce rica em nutrientes com água salgada, fornecendo esses nutrientes aos plânctons e aos peixes pequenos. Sem as marés, a água doce rica em nutrientes não se misturaria com a água salgada, levando a uma

proliferação incontrolável de algas. Se as algas contiverem toxinas, essas florações produzirão marés vermelhas ou florações de algas nocivas (HABs), que podem matar peixes, aves marinhas, mamíferos e até mesmo seres humanos. Mesmo que as algas não sejam tóxicas, elas consomem todo o oxigênio da água à medida que se decompõem, obstruindo as guelras dos peixes e de outras formas de vida marinha. Se não houvesse a Lua, o ecossistema marinho já teria sido destruído há muito tempo. Além disso, não teríamos frutos do mar, incluindo lagosta, camarão e sushi.

No entanto, mesmo que a Terra tivesse uma Lua menor ou maior que seu tamanho atual, ou se sua localização fosse mais distante ou mais próxima que sua posição atual, ainda assim poderíamos enfrentar problemas semelhantes.



Fig. 2.6. Maré vermelha

### **g. A existência de Júpiter, o guardião da Terra**

Júpiter é o maior planeta do sistema solar, 11,2 vezes maior e 318 vezes mais pesado que a Terra. A presença de Júpiter é importante para nossa sobrevivência. A Terra é constantemente bombardeada por meteoritos (principalmente asteroides despedaçados e fragmentos de cometas). A frequência de queda de meteoritos é de um metro a cada hora, alguns metros uma vez por dia, alguns metros a 10 metros uma vez por ano, alguns metros a cada década e alguns metros a 100 metros

uma vez por século.

Quando meteoritos com menos de 10 metros entram na atmosfera, a maioria deles se queima devido ao atrito e à compressão atmosférica. Entretanto, se forem maiores que 10 metros, podem ocorrer eventos desastrosos. Em 1908, um meteorito com cerca de 55 metros de tamanho explodiu a uma altitude de 5 a 10 km na região de Tunguska e derrubou cerca de 80 milhões de árvores em uma área de 2.150 km<sup>2</sup>. Esse evento de Tunguska é o maior evento de impacto na Terra registrado na história.

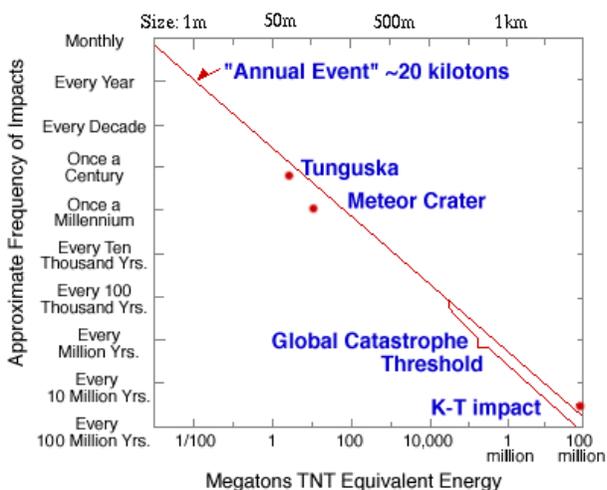


Fig. 2.7. Tamanho e frequência dos meteoritos que caem na Terra



Fig. 2.8. Árvores derrubadas por um meteorito que caiu em Tunguska

Júpiter é vital porque atua como um aspirador de pó cósmico, capturando meteoritos e cometas que, de outra forma, poderiam impactar a Terra e causar eventos catastróficos como o evento de Tunguska. As simulações indicam que Júpiter é cerca de 5.000 vezes mais eficiente na captura de cometas do que a Terra. Uma demonstração notável desse fato ocorreu em 1994, quando Júpiter capturou o cometa fragmentado Shoemaker-Levy 9, que tinha um tamanho estimado de cerca de 1,8 km. Se esse cometa tivesse atingido a Terra, poderia ter enviado poeira e detritos para a atmosfera, bloqueando a luz solar. Esse bloqueio poderia durar tempo suficiente para matar toda a vida vegetal, levando à extinção de pessoas e animais que dependem de plantas para sobreviver.



Fig. 2.9. Shoemaker-Levy 9 fragmentado e seu impacto em Júpiter

## h. A existência da tectônica de placas

A tectônica de placas é a teoria que descreve o movimento em grande escala da litosfera da Terra, que foi dividida em várias placas tectônicas grandes por movimentos convectivos do manto. Essa teoria explica muitos fenômenos geológicos, inclusive o movimento dos continentes, a formação de montanhas, os terremotos e a atividade vulcânica.

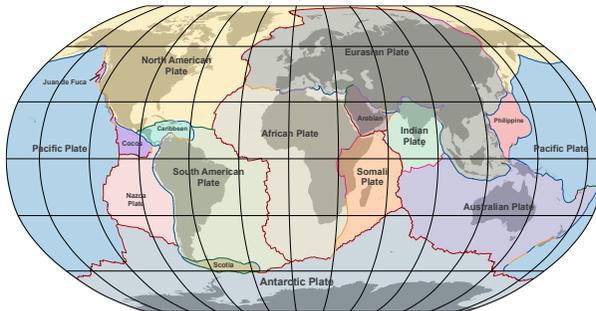


Fig. 2.10. As placas que formam a crosta terrestre

A tectônica de placas desempenha um papel fundamental em vários aspectos dos sistemas da Terra que afetam direta e indiretamente a sobrevivência humana. Um dos aspectos mais importantes da tectônica de placas é a regulação automática do clima da Terra por meio do ciclo do carbono.

O clima da Terra é determinado principalmente pela radiação solar recebida, pelo albedo da superfície da Terra e pela composição da atmosfera. Entre eles, a radiação solar recebida é quase constante por um longo período. O albedo é uma relação entre a radiação recebida e a radiação refletida. Uma fração significativa da radiação refletida da superfície da Terra será absorvida pelas moléculas de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) na atmosfera. A radiação absorvida aquece as moléculas de  $\text{CO}_2$  e a irradia novamente em todas as direções, sendo que cerca de metade dela retorna à Terra como calor. Essa energia térmica retida aumenta a temperatura média da superfície global, o que é conhecido como efeito estufa.

O ciclo do carbono é o processo pelo qual o carbono é trocado entre

a atmosfera, os oceanos, o solo, os minerais, as rochas, as plantas e os animais, o que é fundamental para regular o clima da Terra. O carbono entra na atmosfera como  $\text{CO}_2$  proveniente da respiração, combustão e erupções vulcânicas. As plantas absorvem o  $\text{CO}_2$  durante a fotossíntese, convertendo-o em matéria orgânica, que é consumida pelos animais e liberada de volta à atmosfera por meio da respiração e da decomposição. Nos oceanos, o  $\text{CO}_2$  é dissolvido e utilizado por organismos marinhos para formar conchas de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Quando esses organismos morrem, suas conchas se acumulam no fundo do oceano, formando rochas sedimentares.

O intemperismo das rochas terrestres também absorve  $\text{CO}_2$ , formando carbonatos que são levados para os oceanos. Esse processo de intemperismo depende da temperatura. Se houver muito  $\text{CO}_2$  na atmosfera e a temperatura aumentar devido ao efeito estufa, o processo de intemperismo aumentará e absorverá mais  $\text{CO}_2$ . Se o  $\text{CO}_2$  na atmosfera for removido, a temperatura da Terra diminuirá. Se a temperatura da Terra diminuir, o processo de intemperismo diminuirá e menos  $\text{CO}_2$  será removido da atmosfera. Se isso acontecer, o  $\text{CO}_2$  acumulado produz mais efeito estufa e aumenta a temperatura. Esse processo é chamado de "ciclo de intemperismo das rochas de dióxido de carbono". Em escalas de tempo geológicas, a atividade tectônica pode empurrar essas rochas ricas em carbono para o manto da Terra por meio de subducção. O carbono é então liberado de volta para a atmosfera por meio de erupções vulcânicas, completando o ciclo. O ciclo de intemperismo das rochas de dióxido de carbono, dependente da temperatura, regula automaticamente a temperatura da Terra em escalas de tempo geológicas. A figura abaixo mostra como esse ciclo funcionou nos últimos 800.000 anos: quando a quantidade de dióxido de carbono aumenta, a temperatura da Terra aumenta, e quando o dióxido de carbono diminui, a temperatura da Terra diminui.

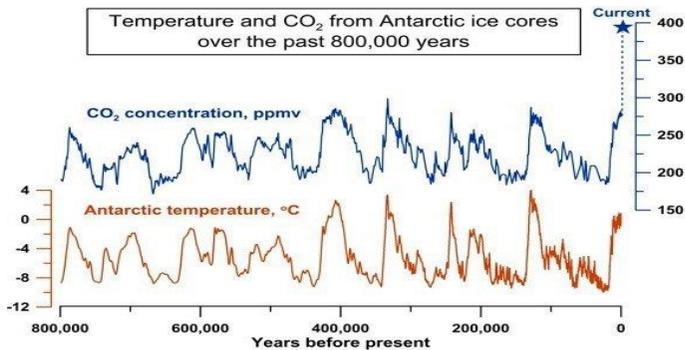


Fig. 2.11. Correlação entre CO<sub>2</sub>e temperatura

No entanto, o ciclo de intemperismo das rochas de dióxido de carbono não funciona se não houver placas tectônicas. Nesse caso, o CO<sub>2</sub> acumulado não será reciclado e, portanto, o efeito estufa será reduzido. Se não houver efeito estufa, a temperatura da Terra diminuirá rapidamente e todas as águas serão congeladas. Se todas as águas estiverem congeladas, a energia solar que chega será refletida devido ao grande albedo e, por fim, a Terra entrará em uma era glacial irreversível.

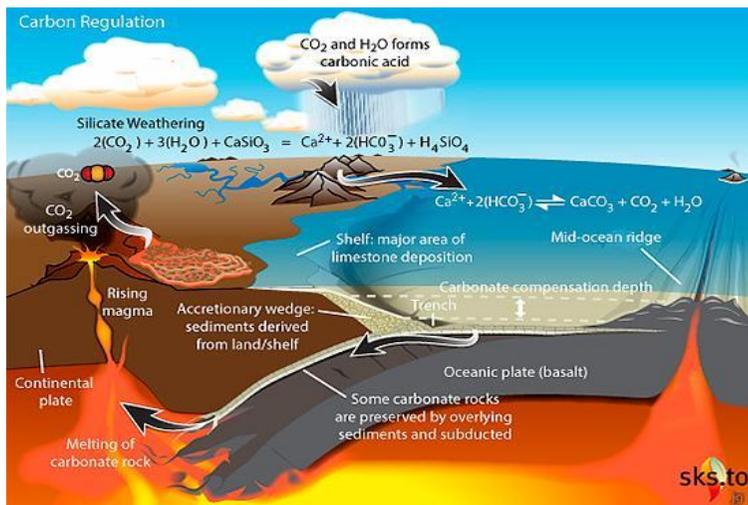


Fig. 2.12. O dióxido de carbono é reciclado pela tectônica de placas

Pesquisas recentes sobre a tectônica de placas sugerem que, se a Terra fosse 20% maior ou menor do que é hoje, se a crosta terrestre contivesse um pouco mais de metais, como ferro e níquel, ou se a crosta fosse mais espessa, a tectônica de placas não teria funcionado como funciona agora.

Em geral, a tectônica de placas é um processo fundamental que sustenta a vida ao manter a estabilidade geológica e ambiental da Terra.

### **i. O tamanho certo do sol**

O tamanho da zona habitável (HZ) de um planeta varia de acordo com o tamanho e o tipo de sua estrela central.

Para estrelas pequenas, como as anãs vermelhas, o HZ está próximo à estrela porque a estrela emite menos luz e calor. Isso faz com que a faixa de HZ seja mais estreita do que aquela em torno do Sol. Devido à sua proximidade, um planeta na zona habitável de uma anã vermelha poderia se tornar bloqueado pela maré, assim como a nossa Lua é para a Terra. Se isso acontecer, o planeta não será capaz de gerar um campo magnético e formar uma magnetosfera devido à sua rotação lenta. Sem uma magnetosfera, a radiação nociva da estrela poderia atingir livremente a superfície do planeta, danificando as células e o DNA. Além disso, o lado diurno experimentaria luz do dia constante e calor extremo, enquanto o lado noturno permaneceria em perpétua escuridão e frio extremo.

Para estrelas grandes, como as gigantes azuis ou vermelhas, a ZH está muito mais distante da estrela. Entretanto, os planetas nessas zonas enfrentam desafios significativos. As estrelas gigantes evoluem rapidamente devido à sua alta massa, queimando rapidamente seu hidrogênio, expandindo-se em supergigantes vermelhas e passando por vários estágios de fusão até formar um núcleo de ferro. Esse núcleo acaba entrando em colapso, resultando em uma explosão de supernova e deixando para trás uma estrela de nêutrons ou um buraco

negro. O tempo de vida típico das estrelas gigantes é de apenas alguns milhões de anos, o que significa que, antes de a estrela explodir em uma supernova, todos os habitantes de um planeta em sua ZH precisariam encontrar outro planeta adequado para migrar e sobreviver. Além disso, as estrelas gigantes emitem altos níveis de radiação ultravioleta e de raios X, que podem ser prejudiciais ao DNA e às células, tornando os ambientes de superfície dos planetas dentro da HZ menos hospitaleiros para a vida. Além disso, as estrelas gigantes podem apresentar uma variabilidade significativa em sua produção de energia, levando a climas instáveis em planetas em órbita. Essa instabilidade pode causar flutuações extremas de temperatura, dificultando a sobrevivência da vida.

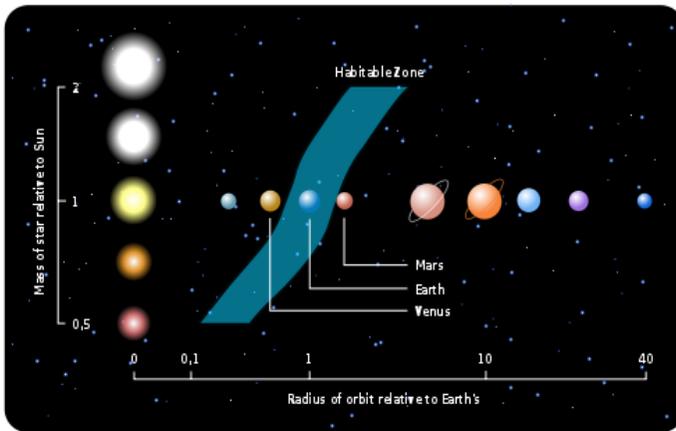


Fig. 2.13. Mudanças nas zonas habitáveis com o tamanho da estrela

As zonas habitáveis (HZ) em torno de estrelas semelhantes ao Sol oferecem muitas vantagens. Essas estrelas têm uma produção de energia relativamente estável durante longos períodos, fornecendo luz e calor consistentes aos planetas em suas zonas habitáveis. Essa estabilidade favorece o desenvolvimento de climas e ecossistemas estáveis. A zona habitável em torno de estrelas semelhantes ao Sol está a uma distância moderada, nem muito próxima nem muito distante da estrela. O espectro de luz das estrelas semelhantes ao Sol é ideal para

a fotossíntese, permitindo que as plantas e outros organismos fotossintéticos convertam eficientemente a luz solar em energia, formando a base de uma cadeia alimentar sustentável. Além disso, as estrelas semelhantes ao Sol geralmente têm níveis mais baixos de atividade estelar prejudicial em comparação com estrelas menores, como as anãs vermelhas. Menos explosões e atividade magnética menos intensa significam que os planetas na zona habitável estão menos expostos à radiação potencialmente prejudicial e ao desgaste atmosférico.

A fração de estrelas semelhantes ao Sol é de apenas alguns por cento, pois a maioria das estrelas é menor e mais leve que o Sol. O Sol é uma estrela única, mas cerca de 50% a 60% das estrelas são sistemas binários ou de múltiplas estrelas. A zona habitável em sistemas de estrelas múltiplas é muito mais restrita devido a órbitas complexas, iluminação variável, perturbações gravitacionais e níveis de radiação em potencial.

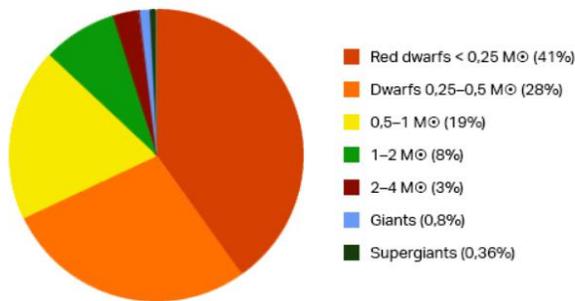


Fig. 2.14. Distribuição de massa das estrelas

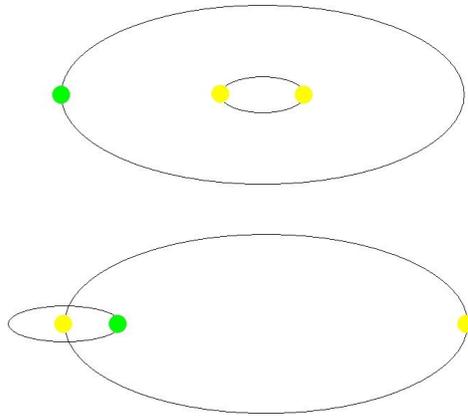


Fig. 2.15. Órbita circumbinária (em cima) e órbita circunsecundária ou circunsecundária (embaixo) em sistemas binários

#### j. A distância correta do centro da galáxia

Assim como a ZH em nosso sistema solar, existe uma Zona Habitável Galáctica (ZHG) em uma galáxia onde as condições são mais favoráveis à vida. As condições necessárias para a GHZ incluem metalicidade, densidade estelar, níveis de radiação e ambientes orbitais.

A GHZ precisa ter uma concentração ideal de elementos pesados (elementos mais pesados que o hélio) necessários para a formação de planetas terrestres e moléculas orgânicas. Embora os elementos metálicos sejam mais abundantes no centro galáctico, essa área não pode ser considerada uma zona favorável para a GHZ devido à sua alta densidade estelar, que causa frequentes explosões de supernovas, explosões de raios gama (GRBs) e outros eventos de alta energia.

Uma explosão de raios gama ocorrendo a 10.000 anos-luz da Terra provavelmente teria efeitos devastadores sobre a atmosfera, o clima e a biosfera do planeta. Os efeitos imediatos incluiriam o aumento da radiação UV devido à destruição de aproximadamente 40% da camada de ozônio, enquanto os efeitos de longo prazo poderiam envolver mudanças climáticas significativas e extinções em massa. Esse evento representaria uma grave ameaça à civilização humana e ao mundo natural. A destruição de 40% da camada de ozônio permitiria que o

aumento da radiação UV danificasse o DNA 16 vezes mais. O fitoplâncton, a base da cadeia alimentar marinha, é particularmente sensível à radiação UV. O aumento da exposição aos raios UV pode inibir seu crescimento e reprodução, levando a um declínio nas populações de fitoplâncton. O fitoplâncton desempenha um papel fundamental no ciclo do carbono ao absorver  $\text{CO}_2$  durante a fotossíntese. Um declínio no fitoplâncton reduziria esse sequestro de carbono, potencialmente exacerbando o acúmulo de  $\text{CO}_2$  na atmosfera e aumentando o efeito estufa.

Há algumas evidências de que eventos de extinção em massa ocorridos no passado na Terra poderiam ter sido desencadeados por GRBs próximos. Por exemplo, o evento de extinção Ordoviciano-Siluriano, há cerca de 450 milhões de anos, foi considerado por alguns cientistas como tendo sido influenciado por um GRB que ocorreu a 6.000 anos-luz de distância da Terra.

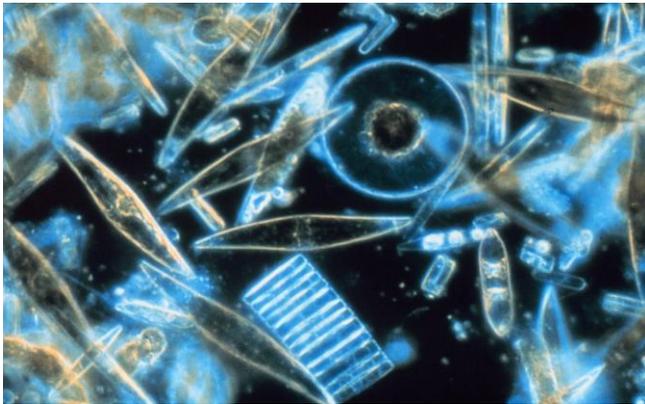


Fig. 2.16. Fitoplâncton

Outro problema encontrado no centro galáctico são os frequentes encontros próximos com outras estrelas. Esses encontros próximos causam perturbações gravitacionais significativas que podem desestabilizar as órbitas e os eixos de rotação dos planetas dentro dos sistemas planetários. Essas perturbações podem levar a cruzamentos

orbitais, colisões ou ejeções do sistema. A influência gravitacional de estrelas próximas também poderia perturbar as órbitas de objetos na Nuvem de Oort e no Cinturão de Kuiper, enviando um número maior de cometas e asteroides para o sistema solar interno. Isso aumentaria a probabilidade de impactos em planetas, incluindo a Terra.

Os arredores da Galáxia têm uma baixa densidade estelar e não apresentam esses problemas, mas há uma questão crucial: a baixa taxa de explosão de supernovas. Isso resulta em um meio interestelar que carece de elementos metálicos suficientes para a formação de planetas terrestres, tornando os arredores da Galáxia desfavoráveis para o GHZ.

A região favorável para a GHZ é aquela em que há elementos pesados suficientes para a formação de planetas, menos supernovas e outros eventos perigosos para ambientes seguros para a vida e áreas menos lotadas para órbitas planetárias estáveis. Além disso, existe uma região em que a velocidade orbital das estrelas corresponde à velocidade padrão dos braços espirais da Galáxia, conhecida como raio de corotação. Dentro do raio de corotação, as estrelas e seus sistemas planetários sofrem menos interações gravitacionais perturbadoras com os braços espirais, aumentando a probabilidade de condições habitáveis sustentadas.

Considerando todas essas condições, a GHZ fica entre 23.000 e 29.000 anos-luz do centro da Galáxia. Coincidentemente, nosso sistema solar está a 26.000 anos-luz de distância do centro da galáxia e fica no centro da GHZ.

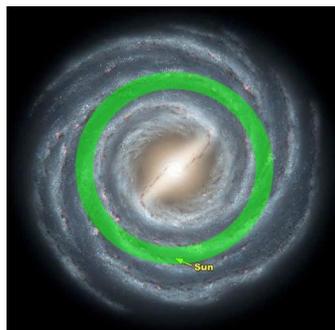


Fig. 2.17. Zonas habitáveis galácticas na galáxia

Neste capítulo, exploramos dez condições únicas e extraordinárias que fazem da Terra um planeta excepcional. Essas condições são tão intrinsecamente equilibradas e calibradas com precisão que a probabilidade de ocorrerem por acaso é astronomicamente baixa. A exatidão necessária para a distância da Terra em relação ao Sol, sua inclinação axial, período de rotação, campo magnético, atmosfera e outros fatores críticos criam um ambiente que é capaz de suportar a vida de forma única. Essa combinação de condições favoráveis ocorrendo simultaneamente em outro lugar do universo seria altamente improvável, destacando ainda mais a singularidade da Terra. Além disso, a proteção e a estabilidade de que a Terra desfruta - protegendo-a de eventos cósmicos nocivos e mantendo um delicado equilíbrio ecológico - reforçam sua singularidade entre outros planetas. Juntos, esses fatores apoiam fortemente a noção de que a Terra foi intencionalmente projetada para servir de habitat para a vida pelo Criador divino. Esse equilíbrio bem ajustado de condições não é uma mera coincidência, mas sugere um projeto inteligente e intencional, tornando a Terra um ambiente extraordinário e exclusivamente adequado para sustentar a vida.

### 3. Criação ou evolução?

Fomos criados ou evoluímos? O debate sobre a origem da vida ainda está em andamento, mas o sistema educacional atual ensina a evolução como a teoria estabelecida com relação à origem da vida, enquanto considera o criacionismo como uma afirmação não científica.

A teoria da evolução começa com a hipótese da abiogênese para explicar a origem da vida. Primeiro, vamos nos aprofundar nessa questão em detalhes e depois explorar se a teoria de Darwin deve ser chamada de "teoria da evolução" ou "teoria da adaptação genética". Também abordaremos a questão de saber se os seres humanos evoluíram dos macacos. Além disso, apresentaremos o design inteligente e examinaremos o criacionismo pelas lentes da física de partículas, a existência de vida extraterrestre, instintos animais e a matemática encontrada na natureza.

#### a. A origem da vida

A hipótese científica da origem da vida na Terra começa com a formação espontânea de aminoácidos a partir de átomos de carbono (abiogênese) na sopa primordial do início da Terra. Esses aminoácidos se unem por meio de ligações peptídicas para formar proteínas, que desempenham diversas funções essenciais dentro das células, como catalisar reações bioquímicas e fornecer suporte estrutural. Com o tempo, surgiram os ácidos nucleicos, como o RNA e o DNA, que permitem o armazenamento e a transmissão de informações genéticas. A interação entre proteínas e ácidos nucleicos facilitou o desenvolvimento de células procarióticas simples, que acabaram dando origem a células eucarióticas mais complexas. Essas células eucarióticas evoluíram então para organismos multicelulares, com a diferenciação celular levando ao desenvolvimento de tecidos e órgãos especializados. Essa jornada chegou ao fim com as diversas e complexas formas de vida que vemos hoje.

Vamos examinar se esses processos podem ter ocorrido espontaneamente. Exploraremos os seguintes tópicos: i) formação de

aminoácidos, ii) formação de RNA, iii) formação de proteínas, iv) formação de DNA, v) formação de células, vi) formação de células eucarióticas, vii) localização de organelas, viii) diferenciação celular, ix) formação de tecidos e órgãos, x) formação de organismos multicelulares.

#### i. A formação de aminoácidos

A formação de aminoácidos sob as condições da Terra primitiva pré-biótica é um tópico crucial para a compreensão da origem da vida. O experimento Miller-Urey, realizado em 1952, foi um estudo representativo que simulou as condições da atmosfera da Terra primitiva para investigar a formação de aminoácidos. Usando uma mistura de gases que se acredita se assemelharem à atmosfera primitiva (metano, amônia, hidrogênio e vapor de água) e aplicando faíscas elétricas para imitar um relâmpago, eles sintetizaram vários aminoácidos, incluindo glicina e alanina.

Esse experimento demonstrou que as moléculas orgânicas essenciais para a vida poderiam ser formadas a partir de compostos inorgânicos simples em condições pré-bióticas, fornecendo suporte significativo para a hipótese de que a vida na Terra poderia ter se originado por meio de processos químicos naturais. O experimento Miller-Urey sintetizou alguns aminoácidos, mas enfrenta vários problemas que são importantes de serem considerados.

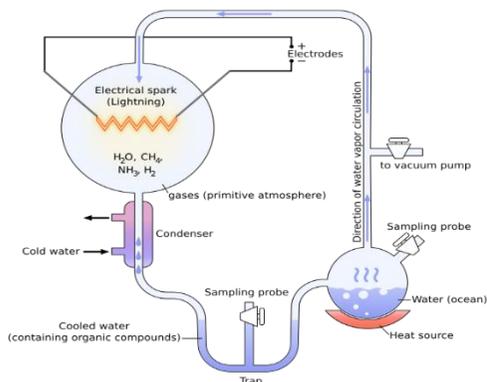


Fig. 3.1. Diagrama do experimento Miller-Urey

O experimento de Miller-Urey usou um dispositivo de descarga elétrica para imitar o relâmpago natural, mas o dispositivo e o relâmpago natural diferem significativamente em muitos aspectos. O dispositivo usa uma voltagem de 50.000 volts e gera 250 graus de calor, enquanto a voltagem do relâmpago é de 100 milhões de volts e gera 50.000 graus de calor. As descargas elétricas no experimento de Miller-Urey eram relativamente contínuas e podiam ser mantidas por longos períodos, garantindo uma entrada de energia consistente para as reações químicas. Por outro lado, os raios não ocorrem continuamente, mas esporadicamente, e sua duração é extremamente breve, durando apenas alguns microssegundos ou milissegundos.

Os cometas são remanescentes do início do sistema solar e contêm material de construção primordial que permaneceu relativamente inalterado. A composição dos cometas pode fornecer informações valiosas sobre a composição da atmosfera da Terra primitiva. A principal composição dos cometas é água (86%), dióxido de carbono (10%) e monóxido de carbono (2,6%). A amônia e o metano ocupam menos de 1% cada. Esse resultado sugere que o gás usado no experimento de Miller-Urey não representa com precisão a atmosfera da Terra primitiva, pois não contém o gás mais abundante, o dióxido de carbono, e o segundo gás mais abundante, o monóxido de carbono.

Além disso, o dióxido de carbono é um agente oxidante, inibindo a formação de aminoácidos.

Composição	Proporção (%)	Referência
água (H <sub>2</sub> O)	100 (86%)	Pinto et al. (2022)
dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	12 (10%)	Pinto et al. (2022)
monóxido de carbono (CO)	3 (2.6%)	Pinto et al. (2022)
amônia (NH <sub>3</sub> )	0.8 (0.7%)	Russo et al. (2016)
metano (CH <sub>4</sub> )	0.7 (0.6%)	Mumma et al. (1996)

Tabela 3.1. Composição dos cometas (água=100)

O experimento de Miller-Urey presumiu que a atmosfera pré-biótica da Terra primitiva era uma atmosfera redutora. Entretanto, se fosse uma atmosfera oxidante, ela impediria a formação de aminoácidos ao quebrar ou oxidar moléculas orgânicas. As condições da atmosfera da Terra primitiva são um assunto de investigação e debate científico contínuo. Urey (1952), Miller (1953) e Chyba & Sagan (1997) defendem uma atmosfera redutora, enquanto Albeson (1966), Pinto et al. (1980), Zahnle (1986) e Trail et al. (2011) defendem uma atmosfera oxidante.

Vale a pena mencionar o artigo de Trail et al. (2011) publicado na Nature. Eles analisaram o estado de oxidação dos cristais de zircão da era Hadeana usando a proporção dos estados de oxidação do cério (Ce). A análise indicou que os magmas do Hadeano eram mais oxidados do que se pensava anteriormente, com condições semelhantes às dos gases vulcânicos modernos. O estado mais oxidado dos magmas do Hadeano implica que a emissão de gases vulcânicos teria liberado menos hidrogênio (H<sub>2</sub>) e mais vapor de água (H<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>). Eles concluíram que a atmosfera da Terra primitiva provavelmente era menos redutora e mais oxidante do que se pensava tradicionalmente. Suas descobertas levantaram dúvidas sobre a validade do experimento Miller-Urey, sugerindo que talvez não fosse possível formar aminoácidos por meio da abiogênese

na Terra primitiva pré-biótica.

Os aminoácidos produzidos no experimento foram coletados e preservados em condições de laboratório. Nas condições adversas e variáveis do início da Terra, esses compostos podem ter sido menos estáveis e mais propensos à degradação. A concentração de moléculas orgânicas no experimento foi controlada e mantida em níveis relativamente altos. Na Terra primitiva, essas moléculas poderiam ter sido altamente diluídas em vastos oceanos ou sujeitas a rápida dispersão, reduzindo potencialmente as chances de evolução química posterior.

Outro problema importante é a quiralidade. Os aminoácidos produzidos eram racêmicos, o que significa que continham quantidades iguais de isômeros esquerdos e direitos. A vida na Terra usa principalmente aminoácidos canhotos (99,3%), e a origem dessa homoquiralidade permanece inexplicada pelo experimento Miller-Urey.

## ii. A formação do RNA

Todos os organismos vivos são compostos de 20 aminoácidos diferentes. Para continuar nossa discussão, vamos supor que esses 20 aminoácidos foram formados espontaneamente. O próximo passo para a vida seria a formação de RNA, proteínas e DNA. Até o momento, não há teorias confirmadas com relação à formação espontânea dessas moléculas. Os cientistas sugerem que o RNA surgiu primeiro, pois acredita-se que seja uma das primeiras moléculas capazes de armazenar informações genéticas e catalisar reações químicas. Essa dupla funcionalidade é fundamental para a "hipótese do mundo do RNA", que propõe que a vida começou com moléculas de RNA antes da formação do DNA e das proteínas. Embora a hipótese do mundo do RNA ofereça uma estrutura convincente, ela enfrenta vários desafios significativos: (i) o RNA é uma molécula complexa demais para ter surgido de forma pré-biótica, (ii) o RNA é inerentemente instável, (iii) a catálise é uma propriedade exibida apenas por um subconjunto

relativamente pequeno de sequências longas de RNA e (iv) o repertório catalítico do RNA é muito limitado. Vamos começar examinando o primeiro desafio.

Os nucleotídeos do RNA são compostos por três componentes: bases nitrogenadas (adenina, guanina, citosina e uracila), açúcar ribose e grupos fosfato. Para que o RNA se forme, esses componentes devem ter surgido espontaneamente em condições pré-bióticas. Vamos examinar a viabilidade desse processo.

- **Formação de bases nitrogenadas**

As bases nitrogenadas são moléculas complexas com estruturas de anel intrincadas. A montagem espontânea dessas moléculas a partir de compostos pré-bióticos mais simples é altamente improvável, pois requer reações químicas específicas, condições de reação específicas e catalisadores para formar as estruturas em anel. Essas reações incluem reações de aminação, em que um grupo amina ( $\text{NH}_2$ ) é adicionado a uma estrutura de carbono, requerem compostos de nitrogênio como amônia e aldeídos ou cetonas, geralmente facilitadas por catalisadores ou altas temperaturas. As reações de desoxigenação, que removem átomos de oxigênio, precisam de agentes redutores, como hidrogênio ou metano. A formação de anéis, crucial para a criação da estrutura da base nitrogenada, geralmente ocorre em processos de várias etapas sob condições de alta temperatura e alta pressão, muitas vezes catalisadas por íons metálicos. Por fim, a adição de bases nitrogenadas pode exigir ambientes de alta energia e compostos precursores específicos para concluir o processo.

Acredita-se que o ambiente da Terra primitiva tenha variado muito em termos de temperatura, pH e compostos químicos disponíveis. Criar as condições precisas necessárias para a síntese de bases nitrogenadas teria sido extremamente desafiador. Por exemplo, as condições de alta energia necessárias para formar essas bases talvez não estivessem presentes ou fossem mantidas de forma consistente. Mesmo sob condições laboratoriais otimizadas, os rendimentos das

bases nitrogenadas são geralmente baixos. Isso levanta questões sobre se quantidades suficientes dessas bases poderiam ter sido produzidas naturalmente para apoiar a formação de RNA ou outros ácidos nucleicos. As vias que levam à síntese de bases nitrogenadas envolvem várias etapas e compostos intermediários. A probabilidade de todas as condições e compostos necessários estarem presentes simultaneamente e nas proporções corretas é questionável.

A formação de bases nitrogenadas normalmente requer catalisadores para conduzir as reações químicas. Em um mundo pré-biótico, a presença de tais catalisadores nas concentrações e condições corretas é incerta. Sem esses catalisadores, as taxas de reação seriam lentas demais para serem significativas. Mesmo que as bases nitrogenadas pudessem se formar espontaneamente, sua estabilidade em um ambiente pré-biótico é questionável. Essas moléculas são propensas à degradação sob radiação UV, hidrólise e outros fatores ambientais. Essa instabilidade impediria seu acúmulo e uso subsequente na formação de RNA.

- **Formação do açúcar ribose**

A reação de formose, que envolve a polimerização do formaldeído na presença de um catalisador, pode produzir ribose. Essa reação carece de especificidade, o que leva a um baixo rendimento de ribose em relação a outros açúcares. Ela também exige condições específicas, como a presença de hidróxido de cálcio como catalisador, que pode não estar disponível universalmente ou não ser estável em ambientes pré-bióticos. Para que a ribose seja útil na síntese pré-biótica de RNA, ela precisaria ser sintetizada e estabilizada seletivamente. Entretanto, a reação de formose não favorece a formação seletiva de ribose, e a mistura de açúcares resultante complica a utilização da ribose para a síntese de RNA. Seria necessária a presença de mecanismos para estabilizar a ribose ou selecioná-la em uma mistura complexa. Foram propostos possíveis agentes estabilizadores, como os minerais de borato, mas sua disponibilidade e eficácia em condições pré-bióticas

são incertas.

A reação de formose requer formaldeído, que deve estar presente em concentração suficiente. A produção e a estabilidade do formaldeído em condições pré-bióticas não são possíveis, pois o formaldeído pode se polimerizar facilmente ou reagir com outros compostos. As condições ambientais específicas necessárias para que a reação de formose ocorra de forma eficiente e produza ribose (por exemplo, pH ideal, temperatura, presença de catalisadores) podem não ter sido predominantes ou estáveis na Terra primitiva. Mesmo em condições controladas de laboratório, o rendimento da ribose é baixo e a reação produz uma mistura complexa de açúcares, destacando o desafio de isolar a ribose em um ambiente prebiótico.

A ribose é um açúcar pentose quimicamente instável e propenso à rápida degradação, principalmente nas condições que se acredita serem predominantes na Terra primitiva. A instabilidade decorre do fato de que a ribose é facilmente hidrolisada em soluções aquosas e pode se degradar por meio de processos como a reação de Maillard e a caramelização. Além disso, estudos demonstraram que a ribose tem meia-vida curta, especialmente em condições alcalinas, o que torna improvável o acúmulo de quantidades significativas em escalas de tempo geológicas.

- **Formação do grupo fosfato**

A formação de grupos fosfato em condições pré-bióticas enfrenta desafios porque as fontes de fosfato prontamente disponíveis eram relativamente escassas na Terra primitiva. Em geral, o fosfato é encontrado em minerais como a apatita, que não são altamente solúveis em água, o que dificulta a disponibilidade livre do fosfato em ambientes aquosos onde se acredita que a química pré-biótica tenha ocorrido. Os minerais de fosfato tendem a ser quimicamente inertes em condições de pH neutro. Essa baixa reatividade representa uma barreira significativa para a incorporação do fosfato em moléculas orgânicas necessárias para a vida.

A formação de ésteres de fosfato, que são essenciais para a síntese de nucleotídeos, exige uma entrada significativa de energia. Em condições pré-bióticas, as fontes de energia e os processos catalíticos necessários para superar essas barreiras teriam sido limitados. Alguns estudos demonstraram que condições de alta energia, como as criadas por relâmpagos ou atividade vulcânica, podem facilitar a formação de moléculas contendo fosfato. No entanto, esses cenários exigem condições específicas e transitórias que podem não ter sido generalizadas.

A formação de polifosfatos, que são cadeias de grupos fosfato, geralmente requer condições específicas, como altas temperaturas ou a presença de catalisadores que podem não estar prontamente disponíveis em ambientes pré-bióticos. Os polifosfatos são propensos à hidrólise, decompondo-se em compostos de fosfato mais simples. A estabilidade desses compostos nas condições flutuantes da Terra primitiva é questionável.

Embora alguns experimentos tenham demonstrado a formação de moléculas que contêm fosfato em condições prebióticas simuladas, eles geralmente exigem condições altamente específicas e controladas que podem não refletir realisticamente os ambientes da Terra primitiva. Além disso, os rendimentos de moléculas contendo fosfato em experimentos de síntese pré-biótica são geralmente baixos, o que levanta dúvidas sobre a eficiência e a plausibilidade desses processos que ocorrem em uma Terra pré-biótica em escalas suficientes para impulsionar a origem da vida.

- **Formação de nucleotídeos de RNA funcionais**

Mesmo que todos os desafios tenham sido superados e as bases nitrogenadas, o açúcar ribose e os grupos fosfato tenham sido criados com sucesso, outro obstáculo significativo permanece: a formação de nucleotídeos de RNA funcionais.

Existem muitos tipos de RNAs: RNAs envolvidos na síntese de proteínas (mRNA, rRNA, tRNA, etc.), RNAs envolvidos na modificação

pós-transcricional (snRNA, snoRNA, etc.), RNAs reguladores (aRNA, miRNA, etc.) e RNAs parasitas. O número de nucleotídeos nas moléculas de RNA depende de seu tipo. Alguns exemplos são:

- mRNA e rRNA - centenas a milhares
- tRNA - 70 a 90
- snRNA - 100 a 300
- miRNA - 20 a 25.

Vamos supor que a molécula típica de RNA, para a qual queremos estimar a probabilidade de formação, tenha 100 nucleotídeos. Nesse caso, cada posição na sequência de RNA pode ser ocupada por uma das quatro bases: adenina, uracila, citosina ou guanina. O número total de sequências possíveis de 100 nucleotídeos é  $4^{(100)}$  ( $=1,6 \times 10^{60}$ ) e a probabilidade de formar um RNA funcional é  $1/1,6 \times 10^{60} = 6,2 \times 10^{-61}$ . Essa probabilidade extremamente pequena sugere que o RNA funcional não pode se formar espontaneamente, mesmo na presença de bases nitrogenadas pré-existentes, açúcar ribose e grupos fosfato.

### iii. A formação de proteínas

A formação de proteínas envolve a síntese de aminoácidos, sua polimerização em peptídeos e o dobramento desses peptídeos em proteínas funcionais. Vamos examinar os problemas e desafios desses processos em condições pré-bióticas.

As proteínas são compostas por longas cadeias de aminoácidos, chamadas cadeias polipeptídicas, dispostas em sequências altamente específicas. O número de aminoácidos em uma única proteína pode variar de várias dezenas a vários milhares. Por exemplo, a pequena proteína insulina contém cerca de 51 aminoácidos, a proteína de tamanho médio mioglobina tem cerca de 153 aminoácidos, a proteína grande hemoglobina tem cerca de 574 aminoácidos e a proteína gigante titina contém cerca de 34.350 aminoácidos. É quase impossível formar longas cadeias de peptídeos por meio de um processo aleatório

a partir de uma combinação de 20 tipos de aminoácidos. Por exemplo, a probabilidade de formar uma cadeia polipeptídica na pequena proteína insulina por meio de um processo aleatório é  $1/20^{51} = 4,4 \times 10^{-6}$  (7)  $\approx 0$ .

Mesmo que as cadeias polipeptídicas tenham sido formadas de alguma forma, elas precisam se dobrar em estruturas tridimensionais específicas para se tornarem proteínas funcionais. O processo de dobragem de uma cadeia polipeptídica em uma proteína funcional envolve várias etapas importantes, cada uma delas impulsionada por várias interações químicas e auxiliada pelo maquinário molecular dentro da célula.

As seções da cadeia polipeptídica (estrutura primária) se dobram em estruturas secundárias conhecidas como hélices alfa e folhas beta. Essas estruturas são estabilizadas por ligações de hidrogênio entre os átomos da espinha dorsal da cadeia polipeptídica. Estruturas secundárias adicionais, como voltas e loops, conectam as hélices e as folhas, contribuindo para a dobra geral da proteína. As estruturas secundárias se dobram ainda mais em uma forma tridimensional específica, conhecida como estrutura terciária. Esse processo é impulsionado por interações hidrofóbicas, em que as cadeias laterais não polares se agrupam longe do ambiente aquoso, fazendo com que o polipeptídeo se dobre em uma forma globular compacta; ligações de hidrogênio, que se formam entre as cadeias laterais polares e a espinha dorsal, estabilizando a estrutura dobrada; ligações iônicas, com interações eletrostáticas entre cadeias laterais de carga oposta que contribuem para a estabilidade da proteína; e ligações dissulfeto, em que as ligações covalentes entre os resíduos de cisteína proporcionam estabilidade adicional à estrutura.

Em algumas proteínas com várias cadeias polipeptídicas (subunidades), essas unidades dobradas se juntam para formar a estrutura quaternária. Para evitar erros, as proteínas chaperonas auxiliam no processo de dobramento, impedindo o dobramento incorreto e a agregação. Elas ajudam a cadeia polipeptídica a atingir

sua conformação correta. A proteína pode sofrer pequenas alterações e correções conformacionais para atingir sua conformação mais estável e funcional. Modificações químicas, como fosforilação, glicosilação ou clivagem, podem ocorrer, estabilizando ainda mais a proteína ou preparando-a para sua função específica.

A formação de ligações peptídicas entre aminoácidos requer energia significativa. Em condições pré-bióticas, a disponibilidade de fontes de energia consistentes e suficientes para conduzir essas reações é questionável. Embora várias fontes de energia, como raios, radiação UV e calor vulcânico, tenham sido propostas, a eficiência e a confiabilidade dessas fontes na facilitação consistente da formação de ligações peptídicas são discutíveis. As condições iniciais da Terra provavelmente eram severas e variáveis, com temperaturas extremas, níveis de pH e mudanças ambientais. Essas condições poderiam ter prejudicado o delicado processo de formação de ligações peptídicas e a estabilidade dos peptídeos formados.

Os peptídeos e aminoácidos estão sujeitos à hidrólise e à degradação em ambientes aquosos. A estabilidade dos peptídeos formados por longos períodos é uma preocupação, pois eles podem se degradar mais rapidamente do que se formam. A falta de mecanismos de proteção em condições pré-bióticas significa que os peptídeos recém-formados poderiam ser rapidamente decompostos por fatores ambientais, como radiação UV e flutuações térmicas. Embora as superfícies minerais, como as argilas, possam catalisar a formação de ligações de peptídeos, a eficiência, a especificidade e o rendimento dessas reações em condições naturais não estão bem demonstrados. Não se sabe ao certo qual seria a eficácia dessas superfícies na produção de uma gama diversificada de peptídeos necessários à vida. As condições exatas sob as quais essas reações catalisadas por minerais ocorrem (por exemplo, temperatura, pH) devem ser rigorosamente controladas, e essas condições podem não ter estado presentes de forma consistente na Terra primitiva. Alguns experimentos que demonstram a formação de peptídeos foram realizados em condições altamente controladas, mas

essas condições podem não refletir com precisão as condições caóticas e variáveis da Terra primitiva.

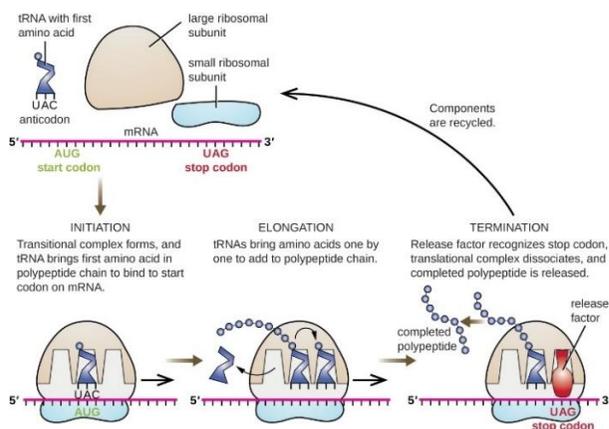


Fig. 3.2. Síntese de proteínas

A hipótese do mundo do RNA postula que as moléculas de RNA catalisaram a formação de peptídeos. Entretanto, o surgimento simultâneo de RNA e peptídeos funcionais apresenta um problema de "ovo e galinha", sendo ambos interdependentes. Sem o RNA, as proteínas não podem ser formadas.

As proteínas requerem aminoácidos com a mesma quiralidade (L-aminoácidos). A síntese prebiótica normalmente produz misturas racêmicas que contêm quantidades iguais de isômeros à esquerda e à direita. A formação espontânea de proteínas homóquirais a partir dessas misturas é estatisticamente improvável.

#### iv. A formação do DNA

A formação do DNA em condições pré-bióticas é um processo complexo e especulativo que envolve várias etapas importantes, incluindo a síntese de nucleotídeos, a formação de cadeias de polinucleotídeos, o emparelhamento de bases, a formação de hélice dupla, a condensação do DNA, a replicação e a assistência enzimática.

Assim como o RNA, os nucleotídeos do DNA são compostos de três

partes: bases nitrogenadas (adenina, guanina, citosina, timina), açúcar desoxirribose e grupos fosfato. O nível de dificuldade para a formação espontânea do DNA será comparável ao do RNA. Uma dificuldade adicional para o DNA é a formação da estrutura de dupla hélice do DNA. A estrutura de dupla hélice do DNA depende do emparelhamento preciso de bases entre a adenina e a timina e entre a citosina e a guanina. Alcançar essa especificidade espontaneamente, sem um modelo ou mecanismo de orientação, é extremamente improvável. Para obter uma hélice dupla estável, os nucleotídeos devem ser organizados em uma ordem específica, com sequências complementares em fitas opostas. A probabilidade de formar espontaneamente duas sequências complementares que se alinham perfeitamente é extremamente baixa.

A replicação do DNA requer enzimas complexas e maquinário de proteínas para garantir a precisão e a fidelidade. A lista das principais enzimas envolvidas na replicação do DNA inclui a helicase, as proteínas de ligação de fita simples (SSB), a primase, a DNA polimerase, a ribonuclease H (RNase H), a DNA ligase e a topoisomerase. A formação espontânea de uma dupla hélice não incluiria esses componentes essenciais, tornando a replicação e a correção de erros altamente improváveis. Sem mecanismos de correção de erros, qualquer DNA formado espontaneamente provavelmente acumularia erros rapidamente, comprometendo sua estabilidade e funcionalidade.

O número total de aminoácidos nas enzimas típicas que participam da replicação do DNA está na faixa de centenas a alguns milhares. A probabilidade de produzir qualquer uma dessas enzimas por acaso é praticamente zero. Por exemplo, a probabilidade de produzir RNase H por acaso é de apenas  $20^{-155}$  ou  $2,2 \times 10^{-202} \approx 0$ . Essa probabilidade incrivelmente pequena está essencialmente além do domínio da ocorrência prática e nunca acontecerá na natureza.

Mesmo que o DNA fosse formado de alguma forma, ele precisaria passar por um processo muito complexo de condensação do DNA. O processo de condensação do DNA transforma uma molécula de DNA

longa e linear em uma estrutura altamente compacta e organizada capaz de se encaixar no núcleo da célula. O processo de condensação é essencial para o armazenamento, a proteção e a regulação eficientes do DNA, bem como para a segregação adequada dos cromossomos durante a divisão celular. Esse processo envolve a formação de nucleossomos, fibras de 30 nm, domínios em loop, dobramento de ordem superior e cromossomos metafásicos.

O nucleossomo pode ser formado se o DNA se enrolar em torno das proteínas histonas. Cada nucleossomo consiste em cerca de 147 pares de bases de DNA enrolados em torno de um octâmero de histonas (duas cópias de cada H2A, H2B, H3 e H4). A estrutura resultante se parece com contas em um cordão, com nucleossomos (as contas) conectados por DNA ligante (o cordão).

A cadeia do nucleossomo se enrola ainda mais em uma fibra mais compacta de 30 nm, facilitada pela histona H1 de ligação, que se liga ao nucleossomo e ao DNA de ligação. A fibra de 30 nm pode adotar uma configuração solenoide ou em ziguezague, dependendo das interações do nucleossomo.

A fibra de 30 nm forma domínios em loop ao se ligar a uma estrutura de proteína dentro do núcleo. As regiões de fixação do andaime ou da matriz (SARs/MARs) ancoram esses loops. Esses loops, geralmente com 40-90 pares de quilobase (kb) de comprimento, proporcionam maior compactação e desempenham um papel na regulação gênica, aproximando elementos reguladores distantes dos genes.

Os domínios em loop se dobram ainda mais em fibras mais grossas, conhecidas como fibras de cromonema. Essas fibras passam por enrolamento e dobramento adicionais, resultando em uma estrutura mais condensada.

Durante a divisão celular, especialmente na metáfase, a cromatina atinge seu nível mais alto de condensação para formar cromossomos visíveis. Isso envolve a ação de proteínas de condensina que ajudam a enrolar e compactar a cromatina. Cada cromossomo consiste em duas cromátides irmãs idênticas mantidas juntas no centrômero, garantindo

a segregação precisa durante a divisão celular.

O grau de condensação influencia a expressão gênica, sendo que a heterocromatina firmemente compactada é transcritivamente inativa e a eucromatina frouxamente compactada é ativa. A condensação adequada é fundamental para a segregação precisa dos cromossomos durante a mitose e a meiose.

Como visto acima, a formação e a replicação do DNA são altamente complexas, exigindo uma coordenação bioquímica precisa e o envolvimento de várias enzimas. No entanto, a teoria evolutiva não fornece uma explicação clara de como esses mecanismos se originaram, simplesmente afirmando que o DNA evoluiu do RNA sem abordar os desafios críticos. Para que essa afirmação seja válida, ela deve explicar como o RNA foi formado, como surgiu a estrutura de dupla hélice do DNA e como se originaram as enzimas de replicação essenciais. Sem essas respostas, a ideia permanece especulativa. Considerando esses fatores, a formação do DNA é o resultado de um projeto intencional e não do acaso.

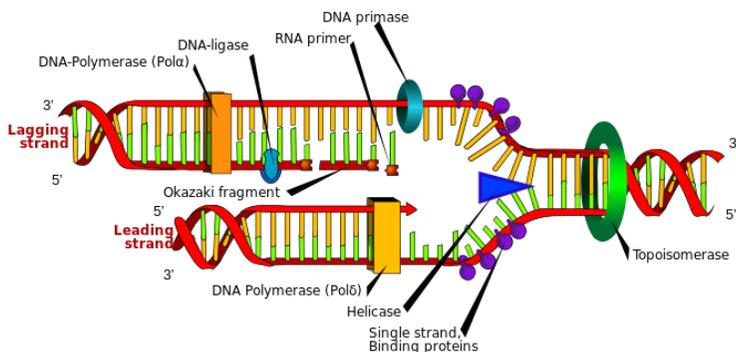


Fig. 3.3. Processo de replicação do DNA

#### v. A formação de células

Para continuar nossa discussão, vamos supor que o RNA, as proteínas e o DNA tenham sido produzidos espontaneamente. Então, o próximo passo para a vida é a formação de células. Há dois tipos

principais de células: as procarióticas e as eucarióticas. As células procarióticas, encontradas em organismos como bactérias e archaea, são mais simples e não têm um núcleo definido. Seu material genético está contido em uma única molécula circular de DNA que flutua livremente no citoplasma. As células procarióticas também não possuem organelas ligadas à membrana. As células eucarióticas, presentes em plantas, animais, fungos e protistas, têm uma estrutura mais complexa. Elas contêm um núcleo definido envolto por uma membrana nuclear. As células eucarióticas também possuem várias organelas ligadas à membrana, como as mitocôndrias, o retículo endoplasmático e o aparelho de Golgi, que desempenham funções específicas essenciais para a sobrevivência e o funcionamento adequado da célula.

Os cientistas afirmam que as protocélulas evoluíram para células procarióticas por meio de um processo gradual impulsionado pela seleção natural, mutação e adaptação ambiental. A existência de protocélulas, precursoras hipotéticas das células modernas, enfrenta várias críticas importantes. Um dos principais problemas é a formação espontânea de bicamadas lipídicas, que são essenciais para criar um ambiente estável e fechado. As condições necessárias para formar e manter essas bicamadas de forma consistente na Terra primitiva são altamente especulativas. Além disso, a integração de componentes funcionais, como RNA ou proteínas simples, dentro dessas estruturas lipídicas requer interações altamente específicas que são estatisticamente improváveis sem algum mecanismo de orientação. Além disso, a capacidade das protocélulas de se replicar e evoluir, uma característica fundamental dos organismos vivos, carece de apoio experimental suficiente, levantando questões sobre seu papel na origem da vida. Por essas razões, as primeiras células a aparecer na Terra teriam sido células procarióticas.

Registros fósseis sugerem que as células procarióticas surgiram na Terra há 3,5 a 3,8 bilhões de anos. Todas as células são envolvidas por uma membrana celular, e a primeira etapa na formação das células

seria a formação dessa membrana. Portanto, vamos investigar se uma membrana celular poderia se formar espontaneamente em condições pré-bióticas.

- **Formação da membrana celular**

A membrana celular não é uma estrutura simples, mas complexa e dinâmica, composta de lipídios (fosfolipídios, colesterol e glicolipídios), proteínas e carboidratos. Os fosfolipídios formam a estrutura fundamental da bicamada, o colesterol modula a fluidez e os glicolipídios contribuem para o reconhecimento celular. As proteínas, tanto as integrais quanto as periféricas, facilitam o transporte, a sinalização e o suporte estrutural, enquanto os carboidratos desempenham papéis cruciais no reconhecimento e na comunicação celular. Essa composição permite que a membrana celular desempenhe suas funções essenciais, mantendo a homeostase e facilitando as interações com o ambiente.

A formação de uma membrana celular por acaso em condições pré-bióticas enfrenta vários problemas devido à complexidade e à especificidade necessárias para estruturas de membrana funcionais.

As moléculas de lipídios anfífilos específicos, como os fosfolipídios, exigem uma combinação precisa de ácidos graxos, glicerol e grupos fosfato, que provavelmente não se formarão e se reunirão espontaneamente nas proporções corretas em condições pré-bióticas. A formação espontânea do grupo fosfato, conforme demonstrado na seção anterior, é improvável. Embora as moléculas anfífilas possam formar bicamadas espontaneamente, a obtenção de uma bicamada estável e semipermeável capaz de encapsular e proteger um ambiente celular exige condições específicas. A ocorrência aleatória dessas condições, incluindo a concentração e os tipos corretos de lipídios, é altamente improvável.

O tamanho típico de uma célula procariótica, como uma célula bacteriana, é de 1 micrômetro. A área da superfície é de  $3 \times 10^{(-12)} \text{ m}^2$  e o tamanho de uma única molécula de fosfolipídio é de

aproximadamente  $5 \times 10^{(-19)} \text{ m}^{(2)}$ . Portanto, o número total de fosfolipídios na bicamada é de  $1,2 \times 10^7$ . Para formar as bicamadas, aproximadamente dez milhões de fosfolipídios devem se alinhar lado a lado e criar uma câmara fechada. É altamente improvável que isso ocorra por acaso, pois as bicamadas não se alinhariam naturalmente e formariam uma câmara fechada sem alguma forma de orientação ou direção.

As condições iniciais da Terra eram severas e variáveis, com temperaturas extremas, níveis de pH e radiação. Manter a integridade e a estabilidade de uma membrana primitiva em um ambiente como esse teria sido um desafio, pois as membranas podem ser facilmente rompidas por esses fatores. Uma membrana funcional deve permitir seletivamente a passagem de nutrientes e moléculas essenciais, mantendo as substâncias nocivas fora. Essa permeabilidade seletiva exige a presença de proteínas e canais complexos, que dificilmente se formam e se integram à membrana por processos aleatórios.

Mesmo que as membranas primitivas tenham se formado, o encapsulamento aleatório das biomoléculas necessárias, como nucleotídeos, aminoácidos e moléculas catalíticas, seria improvável. É improvável que as concentrações e combinações específicas necessárias para iniciar os processos metabólicos primitivos ocorram por acaso.

A formação de uma membrana funcional deve ser acompanhada pelo desenvolvimento simultâneo de outros mecanismos celulares, como proteínas de transporte e enzimas metabólicas, o que complica ainda mais o cenário de formação de membranas a partir de processos aleatórios. Portanto, a formação de células procarióticas em uma Terra pré-biótica não é viável.

#### vi. A formação de células eucarióticas

A teoria amplamente aceita para a origem das células eucarióticas é a teoria endossimbiótica. A teoria endossimbiótica sugere que as células eucarióticas se originaram por meio de uma relação simbiótica

entre células procarióticas primitivas. Esse processo envolveu a absorção de determinadas células procarióticas (mitocôndrias, no caso de células animais, e cloroplastos, no caso de células vegetais) por uma célula hospedeira ancestral, o que levou a uma relação mutuamente benéfica e, por fim, ao desenvolvimento de células eucarióticas complexas. Afirma-se que a célula hospedeira ancestral é a arqueia, mas os problemas com essa hipótese são que a endocitose, o processo de engolfar células procarióticas, nunca foi observada na arqueia, e que a membrana celular da arqueia é composta de ligações de éter, enquanto a membrana celular das células eucarióticas é composta de ligações de éster.

Essa teoria requer células procarióticas pré-existent e mitocôndrias ou cloroplastos. Entretanto, a origem das mitocôndrias e dos cloroplastos não está bem documentada. As mitocôndrias são organelas complexas com uma estrutura exclusiva que reflete sua função como fonte de energia da célula, gerando ATP por meio da fosforilação oxidativa. As mitocôndrias são compostas por vários componentes distintos: a membrana externa, o espaço intermembrana, a membrana interna e a matriz, que inclui enzimas, DNA, ribossomos e metabólitos. A membrana externa, como uma membrana celular, contém uma bicamada de fosfolipídios com uma mistura de fosfolipídios e proteínas. É improvável que uma estrutura tão complexa possa surgir espontaneamente por meio de processos aleatórios, pois as membranas celulares, o DNA e as proteínas não podem se formar espontaneamente. As mitocôndrias têm seu próprio DNA, diferente do DNA nuclear, mas precisam se coordenar com o genoma nuclear para funcionar adequadamente. A integração do DNA mitocondrial nas redes regulatórias e metabólicas de uma célula hospedeira apresenta desafios significativos.

O núcleo das células eucarióticas é composto por uma membrana nuclear de camada dupla, nucléolos e cromossomos, que contém o material genético da célula, incluindo DNA, RNA e proteínas associadas. A origem do núcleo nas células eucarióticas é ainda mais

difícil de explicar. Vamos começar discutindo o aspecto mais simples: a membrana nuclear. A origem da membrana nuclear nas células eucarióticas é um assunto de grande debate científico. Várias hipóteses, incluindo a hipótese da invaginação da membrana (dobramento para dentro), a hipótese da origem viral e a hipótese da transferência de genes, foram propostas para explicar como essa estrutura complexa pode ter surgido.

A hipótese da invaginação da membrana sugere que a membrana nuclear se originou da invaginação da membrana celular de uma célula procariótica ancestral. Entretanto, essa hipótese não consegue explicar a diferença entre a membrana celular e a membrana nuclear. A membrana celular é composta de uma única bicamada de fosfolípidios, enquanto a membrana nuclear é composta de duas bicamadas de fosfolípidios - uma membrana interna e uma membrana externa. Além disso, a membrana nuclear contém complexos de poros nucleares que não podem ser encontrados na membrana celular. Além disso, as composições de proteínas na membrana celular e na membrana nuclear são diferentes.

A hipótese da origem viral postula que os vírus que infectaram as células primitivas poderiam ter contribuído com material genético ou componentes estruturais que, por fim, levaram ao desenvolvimento de um envelope nuclear. A interação entre as membranas da célula viral e da célula hospedeira pode ter criado uma estrutura protetora em torno do DNA. Embora se saiba que os vírus influenciam as estruturas da célula hospedeira, as evidências concretas que ligam os vírus à origem da membrana nuclear são limitadas.

A hipótese da transferência de genes sugere que a mistura e a transferência de genes entre diferentes procariotos poderiam ter criado um genoma grande e complexo que exigia um compartimento protetor. A membrana nuclear teria evoluído para proteger e regular esse material genético complexo. Essa hipótese enfrenta muitos problemas devido à falta de evidências diretas, à sua incapacidade de explicar como uma estrutura tão complexa e organizada de uma

membrana dupla e complexos de poros nucleares poderia surgir somente da transferência e integração de genes, e à sua incapacidade de fornecer um caminho claro de como os genes transferidos seriam integrados e expressos de forma a resultar no desenvolvimento da membrana nuclear.

A estrutura dos nucléolos e dos cromossomos é muito mais complexa do que a da membrana nuclear, o que torna difícil imaginar que eles possam se originar de eventos aleatórios. Além disso, é um desafio entender como esses componentes foram encerrados na membrana. Os nucléolos e os cromossomos contêm as informações genéticas dos organismos vivos, incluindo os projetos para a formação de RNA, proteínas, DNA, organelas celulares e os tecidos e órgãos dos seres vivos. O fato de esses projetos para a construção da vida estarem previstos e já presentes no núcleo no estágio de célula eucariótica, mesmo antes da formação da vida, não pode ser adequadamente explicado pela teoria evolucionária. Em vez disso, isso serve como evidência clara do design inteligente da vida.

Em resumo, o design inteligente pode explicar naturalmente a origem das células eucarióticas, enquanto a teoria da evolução carece de uma explicação clara para sua origem.

#### vii. Localização de organelas

As células são compostas de várias organelas, incluindo o núcleo, as mitocôndrias, o retículo endoplasmático, o aparelho de Golgi, os lisossomos e outras organelas, todas trabalhando juntas para manter a função e a homeostase celular. A localização da organela celular é um processo altamente regulado e dinâmico que garante que as organelas sejam posicionadas de forma ideal dentro da célula para manter a função celular eficiente. A localização adequada é essencial para a saúde celular e desempenha um papel fundamental na adaptação às mudanças nas condições celulares e ambientais. Podemos nos perguntar como essas organelas encontram suas localizações ideais, já que elas não podem pensar por si mesmas.

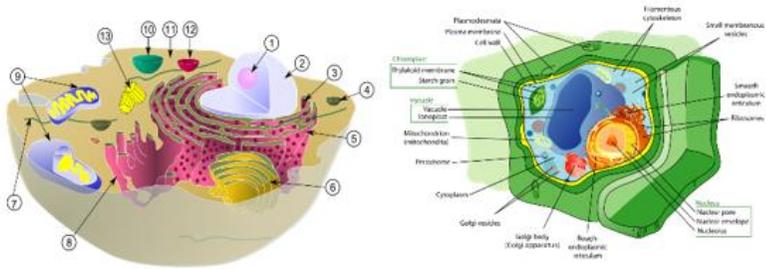


Fig. 3.4. Estrutura da célula animal e da célula vegetal

Um exame detalhado do processo de localização de organelas revela um mecanismo altamente preciso e intrincado que não pode ser atribuído ao acaso. Esse processo envolve uma interação complexa do citoesqueleto, proteínas motoras, tráfico de membrana, proteínas de ancoragem, estruturas, ajustes dinâmicos e comunicação entre organelas.

O citoesqueleto desempenha um papel fundamental na localização das organelas. Ele fornece suporte estrutural, facilita o movimento e garante o posicionamento adequado das organelas. O citoesqueleto é composto por três tipos principais de filamentos: microtúbulos, filamentos de actina e filamentos intermediários, cada um contribuindo de forma exclusiva para a localização das organelas.

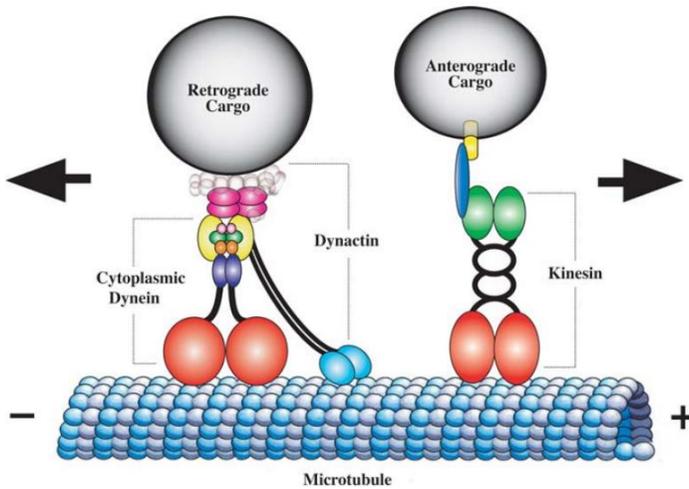


Fig. 3.5. Diagrama esquemático do microtúbulo e das proteínas motoras

Os microtúbulos são tubos longos e ocos feitos de proteínas de tubulina. Eles formam uma rede que se estende do centro organizador de microtúbulos (centrossomo) até a periferia da célula. Os microtúbulos servem como trilhas para as proteínas motoras, como a cinesina e a dineína. A cinesina move as organelas para a extremidade positiva dos microtúbulos, geralmente em direção à periferia da célula, enquanto a dineína as move para a extremidade negativa, geralmente em direção ao centro da célula. Os microtúbulos ajudam a posicionar organelas como o aparelho de Golgi, que normalmente está localizado próximo ao centrossomo, e as mitocôndrias, que estão distribuídas por toda a célula, mas podem ser transportadas ao longo dos microtúbulos para áreas com alta demanda de energia.

Os filamentos de actina, também conhecidos como microfilamentos, são fibras finas e flexíveis feitas de proteína actina. Eles estão concentrados logo abaixo da membrana plasmática e formam uma rede densa em todo o citoplasma. Os filamentos de actina facilitam o fluxo citoplasmático, um processo que ajuda a distribuir organelas e nutrientes por toda a célula. As proteínas motoras da miosina interagem com os filamentos de actina para transportar vesículas,

endossomos e outras organelas pequenas ao longo da rede de actina. Os filamentos de actina ajudam a manter a forma da célula e estão envolvidos no movimento celular, o que afeta indiretamente o posicionamento das organelas.

Os filamentos intermediários são fibras semelhantes a cordas feitas de várias proteínas (como queratinas, vimentina e laminas), dependendo do tipo de célula. Eles fornecem resistência mecânica e suporte estrutural. Os filamentos intermediários ajudam a estabilizar a posição das organelas, como o núcleo, ancorando-as no lugar dentro do citoplasma. Eles mantêm a integridade geral do citoesqueleto, garantindo que outros componentes, como os microtúbulos e os filamentos de actina, possam funcionar de forma eficaz na localização das organelas.

Os diferentes tipos de filamentos do citoesqueleto geralmente trabalham juntos para posicionar as organelas com precisão. Por exemplo, os microtúbulos e os filamentos de actina se coordenam para garantir a distribuição e o movimento adequados de vesículas e organelas. O citoesqueleto é altamente dinâmico, remodelando-se continuamente para se adaptar às necessidades da célula. Essa flexibilidade permite o rápido reposicionamento de organelas em resposta a sinais celulares ou mudanças no ambiente.

O tráfico de membrana é o processo pelo qual as proteínas, os lipídios e outras moléculas são transportados dentro das células, garantindo que os componentes celulares cheguem aos seus destinos corretos. Isso envolve a formação de vesículas a partir de membranas doadoras, seu transporte pelo citoplasma e sua fusão com membranas-alvo. As principais organelas envolvidas no tráfico de membranas incluem o retículo endoplasmático, o aparelho de Golgi e vários tipos de vesículas, como endossomos e lisossomos. O processo é essencial para manter a organização celular, facilitar a comunicação entre as organelas e permitir que a célula responda aos sinais internos e externos com eficiência.

As vias de sinalização orientam o movimento e o posicionamento

das organelas dentro da célula. Essas vias envolvem a transmissão de sinais químicos que fornecem pistas espaciais, garantindo que as organelas sejam direcionadas para seus locais apropriados. Os receptores nas superfícies das organelas e no citoplasma interagem com as moléculas de sinalização para facilitar esse processo. Por exemplo, as pequenas GTPases, como as proteínas Rab, são reguladores importantes que controlam o tráfico de vesículas e o posicionamento das organelas por meio da interação com proteínas efetoras específicas. Essas vias de sinalização garantem que os processos celulares sejam coordenados e que as organelas sejam posicionadas dinamicamente em resposta às mudanças nas necessidades celulares e nas condições ambientais.

As proteínas de ancoragem e os andaimes desempenham um papel fundamental na localização celular, garantindo que as organelas sejam posicionadas com precisão dentro da célula. As proteínas de ancoragem conectam as organelas a locais específicos dentro do citoplasma, estabilizando-as e evitando seu deslocamento. Por exemplo, as mitocôndrias podem ser ligadas ao retículo endoplasmático por meio de mecanismos de ancoragem específicos, facilitando a transferência eficiente de energia e a coordenação metabólica. As proteínas de suporte fornecem apoio estrutural formando complexos que mantêm as organelas no lugar, mantendo a organização geral da célula. Essas proteínas criam uma estrutura dinâmica que permite a disposição adequada das organelas, garantindo que as funções celulares sejam executadas de forma eficaz e eficiente.

Os ajustes dinâmicos na localização celular referem-se às mudanças contínuas e responsivas no posicionamento das organelas em uma célula. Esses ajustes são essenciais para manter a função e a adaptabilidade celular. Durante diferentes fases do ciclo celular, como a mitose, organelas como o núcleo e as mitocôndrias se reposicionam para garantir a divisão celular adequada. Além disso, em resposta a estímulos ambientais, como disponibilidade de nutrientes ou

condições de estresse, as organelas podem ser realocadas para áreas onde suas funções são mais necessárias. Essa realocação dinâmica é facilitada pelo citoesqueleto e pelas proteínas motoras, permitindo que a célula mantenha a homeostase e responda com eficiência às mudanças nas condições internas e externas.

A comunicação entre organelas garante a coordenação e a eficiência das funções celulares. Essa comunicação ocorre por meio de locais de contato direto e transporte vesicular. Os locais de contato, como as membranas associadas à mitocôndria (MAMs) entre a mitocôndria e o retículo endoplasmático, facilitam a transferência de lipídios, cálcio e outras moléculas, garantindo atividades sincronizadas entre as organelas. O transporte vesicular envolve a formação de brotos e a fusão de vesículas, que transportam proteínas e lipídios entre as organelas, mantendo sua integração funcional. A comunicação eficaz entre as organelas é essencial para processos como metabolismo, sinalização e respostas ao estresse, contribuindo para a homeostase geral da célula.

Conforme descrito acima, os mecanismos envolvidos na localização de organelas são altamente organizados e complexos. A evolução passo a passo de sistemas tão intrincadamente coordenados por meio de mutações aleatórias e seleção natural é extremamente improvável pelos seguintes motivos.

Não há evidências diretas de estágios intermediários na evolução dos mecanismos de localização de organelas. Os registros fósseis e os estudos moleculares não capturam as formas de transição que ilustrariam a evolução gradual desses sistemas sofisticados. A complexidade da localização de organelas e sua coordenação dentro das células representa um desafio para as explicações evolutivas, uma vez que a organização celular exibe uma "complexidade irreduzível", em que a remoção de qualquer parte tornaria o sistema não funcional. A teoria da evolução explica a complexidade por meio de modificações graduais, mas as estruturas celulares e sua localização precisa não têm estágios intermediários viáveis.

A localização das organelas depende de interações complexas com o citoesqueleto, proteínas motoras, vias de sinalização e outros componentes celulares. Essa interdependência levanta questões sobre como esses sistemas poderiam ter co-evoluído de forma gradual. É um desafio explicar como as organelas e os sistemas responsáveis por sua localização poderiam ter evoluído simultaneamente sem que um deles fosse totalmente funcional primeiro.

A origem e a evolução das proteínas motoras, como a cinesina, a dineína e a miosina, bem como dos elementos do citoesqueleto, como os microtúbulos e os filamentos de actina, não são totalmente compreendidas. Essas proteínas e estruturas devem ter desenvolvido funções e interações altamente específicas, que são difíceis de explicar apenas por meio de mudanças incrementais. A evolução das complexas redes reguladoras que controlam a localização das organelas apresenta desafios significativos. Essas redes devem coordenar com precisão a expressão e a atividade de vários genes, e sua evolução incremental por meio de mutações aleatórias é difícil de explicar.

Muitos componentes envolvidos na localização de organelas são interdependentes, o que significa que eles devem funcionar juntos de forma eficaz para proporcionar qualquer vantagem seletiva. A evolução simultânea de várias partes que interagem é problemática porque os sistemas parciais não conferem um benefício suficiente para serem favorecidos pela seleção natural.

Os processos de localização e manutenção de organelas consomem muita energia. Não está claro como as células primitivas poderiam arcar com os custos metabólicos associados a esses sistemas complexos sem já terem mecanismos eficientes de produção de energia e gerenciamento de recursos.

### viii. Diferenciação celular

A diferenciação celular é o processo pelo qual células não especializadas se transformam em células especializadas com estruturas e funções distintas. Esse processo é fundamental para o

desenvolvimento, o crescimento e o funcionamento de tecidos, órgãos e, por fim, organismos multicelulares. Normalmente, a diferenciação começa com as células-tronco, que são células indiferenciadas capazes de dar origem a vários tipos de células. As células-tronco podem ser pluripotentes, capazes de se diferenciar em praticamente qualquer tipo de célula. Durante o desenvolvimento, essas células recebem sinais que as orientam a se tornarem tipos específicos de células. À medida que as células-tronco se diferenciam, elas se transformam em células progenitoras multipotentes, que se comprometem a dar origem a uma variedade limitada de tipos de células. As células progenitoras se diferenciam ainda mais em células totalmente especializadas. A diferenciação celular é um processo altamente regulado e dinâmico, impulsionado pela regulação da expressão gênica, vias de transdução de sinais, modificações epigenéticas, gradientes morfogênicos e interações com outras células e com a matriz extracelular.

Todas as células de um organismo contêm o mesmo DNA, mas diferentes tipos de células expressam diferentes subconjuntos de genes. Essa expressão seletiva de genes impulsiona a diferenciação. As proteínas conhecidas como fatores de transcrição se ligam a sequências específicas de DNA para regular a transcrição de genes-alvo. Esses fatores podem ativar ou reprimir a expressão gênica, levando à produção de proteínas necessárias para um tipo específico de célula.

As células recebem sinais de seu ambiente, como fatores de crescimento, hormônios e citocinas. Esses sinais se ligam aos receptores da superfície celular, iniciando as vias de transdução de sinais. As vias de transdução de sinais envolvem uma cascata de eventos intracelulares, muitas vezes incluindo a fosforilação de proteínas, que, por fim, resultam em alterações na expressão gênica.

As modificações epigenéticas envolvem a metilação do DNA e a modificação de histonas. A metilação do DNA silencia a expressão gênica ao adicionar grupos metil ao DNA, geralmente nas ilhas CpG. Os padrões de metilação são hereditários e podem bloquear a identidade

de uma célula ao reprimir genes que não são necessários para um tipo específico de célula. As histonas, as proteínas em torno das quais o DNA é enrolado, podem ser modificadas quimicamente (por exemplo, acetilação, metilação). Essas modificações alteram a estrutura da cromatina, tornando o DNA acessível para a transcrição.

Os morfogênicos são moléculas de sinalização que se difundem pelos tecidos e formam gradientes de concentração. As células respondem a diferentes concentrações de morfogênicos ativando diferentes vias de desenvolvimento, o que leva a diversos destinos celulares. Os gradientes de morfogênicos são cruciais no desenvolvimento embrionário para a formação de padrões, determinando o arranjo espacial das células diferenciadas.

O contato direto entre as células pode induzir a diferenciação. As proteínas ligadas à membrana em uma célula interagem com as proteínas receptoras em uma célula adjacente para transmitir sinais. As células secretam moléculas de sinalização que afetam as células próximas, influenciando sua diferenciação.

A matriz extracelular (ECM), composta de proteínas e polissacarídeos, fornece suporte estrutural e sinais bioquímicos às células. As integrinas e outras moléculas de adesão medeiam a ligação das células à ECM, influenciando a forma, a migração e a diferenciação das células.

Mecanismos de feedback positivo e negativo controlam o progresso da diferenciação. O feedback positivo indica que as células diferenciadas podem produzir sinais que reforçam sua identidade, garantindo tipos de células estáveis. Os mecanismos de feedback negativo limitam os sinais de diferenciação, evitando o excesso de diferenciação e mantendo um conjunto de células indiferenciadas.

Conforme descrito, a diferenciação celular envolve uma série de eventos altamente complexos e coordenados, incluindo a regulação precisa dos genes, a transdução de sinais e as modificações epigenéticas. É difícil explicar essa complexidade apenas por meio de mutações graduais e aleatórias e da seleção natural. O processo exige a integração de vários sistemas celulares, como fatores de transcrição,

vias de sinalização e citoesqueleto. A evolução simultânea desses sistemas interdependentes representa um desafio significativo para a teoria da evolução. Além disso, a origem das células-tronco pluripotentes não pode ser explicada por mecanismos evolutivos.

A função das modificações epigenéticas, como a metilação do DNA e a modificação de histonas, é fundamental na diferenciação. A origem desses mecanismos sofisticados não é bem explicada pela teoria evolutiva, pois eles exigem um alto nível de precisão e coordenação. A hereditariedade das marcas epigenéticas acrescenta outra camada de complexidade. Os mecanismos pelos quais essas marcas são estabelecidas, mantidas e herdadas são intrincados e exigem uma explicação detalhada.

O estabelecimento e a interpretação dos gradientes morfogênicos são essenciais para a formação de padrões durante o desenvolvimento. Os gradientes de concentração precisos e a capacidade da célula de interpretar com exatidão esses sinais sugerem um projeto inteligente e não mutações aleatórias. O conceito de informação posicional, em que as células determinam sua localização e se diferenciam de acordo com ela, exige um sistema de comunicação sofisticado. A origem evolutiva de tal sistema não é claramente compreendida.

As redes reguladoras dos fatores de transcrição que controlam a expressão gênica durante a diferenciação são altamente complexas. A evolução incremental dessas redes carece de suporte empírico, dada a necessidade de mudanças coordenadas em vários genes. As mutações nos principais fatores de transcrição podem ter efeitos generalizados e deletérios, o que dificulta a previsão de como as mutações benéficas poderiam se acumular gradualmente para formar redes reguladoras funcionais.

### ix. A formação de tecidos e órgãos

A formação de tecidos (histogênese) é o processo pelo qual as células diferenciadas se organizam em tecidos específicos durante o desenvolvimento embrionário.

Esse processo envolve a especialização das células-tronco em vários tipos de células, como células musculares, células nervosas e células epiteliais, cada uma com funções distintas. Depois que as células se diferenciam, elas começam a se organizar em estruturas complexas que formam os tecidos básicos do corpo. Esses tecidos incluem os tecidos epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso, cada um contribuindo para a estrutura e a função geral dos órgãos.

A comunicação celular e as vias de sinalização desempenham um papel fundamental na orientação das células para seus locais corretos e na garantia de que elas interajam adequadamente. A histogênese é rigidamente regulada, pois erros na organização celular podem levar a anormalidades ou doenças do desenvolvimento. Durante todo esse processo, as células aderem umas às outras, migram para regiões específicas e passam por mudanças morfológicas para formar estruturas de tecido funcionais. A conclusão da histogênese resulta na formação de tecidos totalmente desenvolvidos que são capazes de desempenhar funções especializadas. Esse processo é fundamental para o desenvolvimento adequado dos órgãos e para a organização geral do corpo.

A formação de órgãos (organogênese) segue a histogênese, em que os tecidos são organizados em unidades funcionais. Durante a organogênese, as três camadas germinativas - ectoderma, mesoderma e endoderma - interagem e se diferenciam para formar órgãos específicos. O ectoderma forma principalmente órgãos como o cérebro e a medula espinhal, enquanto o mesoderma dá origem ao coração, aos rins e aos músculos esqueléticos. A endoderme forma estruturas internas como os pulmões e o fígado.

A organogênese envolve vias de sinalização complexas e regulação genética para garantir que os órgãos se desenvolvam no local correto e com a função adequada. Durante a organogênese, as células migram, proliferam e sofrem apoptose conforme necessário para moldar os órgãos em desenvolvimento. A via de sinalização Notch é particularmente importante para determinar o destino das células e

manter o equilíbrio entre a proliferação e a diferenciação celular. A sinalização Wnt contribui para a padronização e a morfogênese dos órgãos, garantindo que os tecidos se desenvolvam nos locais e proporções corretos. As interrupções nessa sinalização podem levar a defeitos congênitos ou ao desenvolvimento anormal de órgãos. Esse processo é fundamental para estabelecer a anatomia e a fisiologia gerais do corpo.

À medida que os órgãos se desenvolvem, vários tipos de tecido se integram e funcionam juntos. Por exemplo, um órgão como o coração consiste em tecido muscular, tecido conjuntivo e tecido nervoso, todos essenciais para sua função. O desenvolvimento desses órgãos é orientado por vias de sinalização complexas que garantem que as células migrem para os locais corretos, se diferenciem adequadamente e formem as estruturas corretas.

As teorias evolutivas que explicam a formação de tecidos e órgãos enfrentam desafios significativos. A complexidade dos tecidos e órgãos é muito grande para ser explicada por processos evolutivos graduais, passo a passo. Muitos tecidos e órgãos apresentam "complexidade irreduzível", o que significa que são compostos de várias partes interdependentes que não poderiam funcionar se alguma delas estivesse faltando. Essas estruturas complexas não poderiam ter evoluído de forma incremental, pois não funcionariam em estágios intermediários.

A teoria evolutiva postula que novas estruturas, como tecidos e órgãos, surgem por meio da modificação gradual das estruturas existentes. Entretanto, isso não explica adequadamente a origem de estruturas totalmente novas que não têm precursores aparentes. Por exemplo, o desenvolvimento de órgãos complexos, como o cérebro ou o sistema imunológico, é considerado difícil de explicar por meio de mudanças pequenas e graduais.

As informações genéticas necessárias para construir e organizar tecidos e órgãos são vastas e altamente específicas, e é improvável que essas informações detalhadas surjam por meio de mutações aleatórias.

Os fatores epigenéticos, que influenciam a expressão gênica sem alterar a sequência do DNA, desempenham um papel importante no desenvolvimento de tecidos e órgãos. A teoria evolucionária, que enfatiza principalmente as mutações genéticas, não considera totalmente a complexidade adicional introduzida pela regulação epigenética. Ela também é insuficiente para explicar como sistemas biológicos complexos (que compreendem vários tecidos e órgãos que interagem entre si) poderiam evoluir independentemente e, posteriormente, se integrar para funcionar de forma coesa como um organismo unificado.

#### x. A formação do organismo multicelular

Uma vez formados os órgãos individuais, eles devem ser integrados em um organismo coeso e funcional. Essa integração é obtida por meio da organização espacial dos órgãos dentro do corpo, em que cada órgão ocupa um local específico que lhe permite interagir com outros órgãos e sistemas. Por exemplo, o sistema circulatório, que inclui o coração e os vasos sanguíneos, deve estar adequadamente conectado a outros sistemas, como o respiratório e o digestivo, para sustentar a vida.

Durante todo esse processo, as células dos tecidos e órgãos continuam a se especializar e a se adaptar às suas funções, um processo conhecido como diferenciação funcional. Isso garante que cada parte do organismo desempenhe suas funções designadas de forma eficaz. A coordenação e a interação entre diferentes órgãos e sistemas são essenciais para manter a saúde e a função gerais do organismo multicelular, permitindo que ele sobreviva, cresça e se reproduza. A explicação evolutiva da formação de organismos multicelulares a partir de órgãos envolve a abordagem de vários desafios e complexidades importantes:

A formação de organismos multicelulares a partir de órgãos exige um nível incrivelmente alto de integração e coordenação entre vários sistemas. Os processos evolutivos que poderiam levar ao

desenvolvimento simultâneo e ao funcionamento contínuo de vários sistemas de órgãos são difíceis de explicar.

Os órgãos e sistemas dos organismos multicelulares são altamente interdependentes, o que significa que a funcionalidade de um sistema geralmente depende do funcionamento adequado de outros. As explicações evolutivas devem levar em conta o desenvolvimento simultâneo de diferentes órgãos e sistemas, cada um com funções e interdependências específicas, e explicar como esses sistemas complexos evoluíram de forma coordenada, passo a passo. Formas intermediárias com sistemas parcialmente desenvolvidos não ofereceriam vantagens suficientes para serem favorecidas pela seleção natural.

Há uma escassez de formas de transição claras no registro fóssil que ilustra a evolução gradual de organismos multicelulares simples para organismos complexos com órgãos totalmente formados. Essa lacuna dificulta o rastreamento dos caminhos evolutivos que levaram ao desenvolvimento de estruturas tão complexas.

A coordenação precisa da expressão gênica e das vias de desenvolvimento necessárias para a formação e integração de órgãos apresenta desafios significativos. Pequenos erros nesses processos podem levar a distúrbios de desenvolvimento, levantando questões sobre como esses sistemas delicados poderiam evoluir de forma incremental.

O desenvolvimento de organismos multicelulares complexos exige mecanismos robustos para lidar com erros e variações. A explicação evolutiva deve explicar como esses sistemas de controle de erros evoluíram e como eles garantem a estabilidade e a fidelidade da formação e da função dos órgãos.

### **b. A evolução pode explicar a origem da vida?**

Na seção anterior, discutimos a origem da vida, traçando sua progressão a partir da formação de aminoácidos, RNA, proteínas, DNA, células procarióticas, células eucarióticas, tecidos e órgãos, levando,

por fim, a organismos multicelulares. É inegável que esses processos progrediram de uma maneira dirigida e orientada para um propósito singular: a formação de organismos vivos.

Isso levanta uma questão importante: A evolução, que opera por meio de processos não direcionados e aleatórios, pode explicar adequadamente esses desenvolvimentos complexos e a origem da vida? Os cientistas evolucionistas propuseram várias teorias para responder a essa pergunta. As principais teorias da evolução incluem a seleção natural, a mutação, a deriva genética e a transferência horizontal de genes. Vamos dar uma breve olhada em cada uma dessas teorias.

A seleção natural é o processo em que indivíduos com características vantajosas sobrevivem e se reproduzem com mais sucesso, fazendo com que essas características se tornem mais comuns em uma população ao longo das gerações. A seleção natural opera em variações existentes nos organismos vivos. Assim, a origem da vida e a formação de seus blocos de construção fundamentais (aminoácidos, RNA, proteínas, DNA) e estruturas (células, tecidos, órgãos e organismos multicelulares) exigem explicações que vão além da seleção natural, pois esses processos não têm as condições prévias necessárias (replicação e funcionalidade) para que a seleção atue.

Mutação são mudanças aleatórias no DNA de um organismo que podem introduzir variação genética, às vezes levando a novas características ou adaptações. A mutação enfrenta desafios porque a maioria das mutações é prejudicial ou neutra, em vez de benéfica, o que torna improvável a ocorrência de mutações vantajosas com frequência suficiente para gerar mudanças evolutivas significativas. Por exemplo, um estudo sobre a distribuição dos efeitos de adequação (DFE) de mutações aleatórias no vírus da estomatite vesicular ilustra essa questão. De todas as mutações, 39,6% eram letais, 31,2% eram deletérias não letais e 27,1% eram neutras.

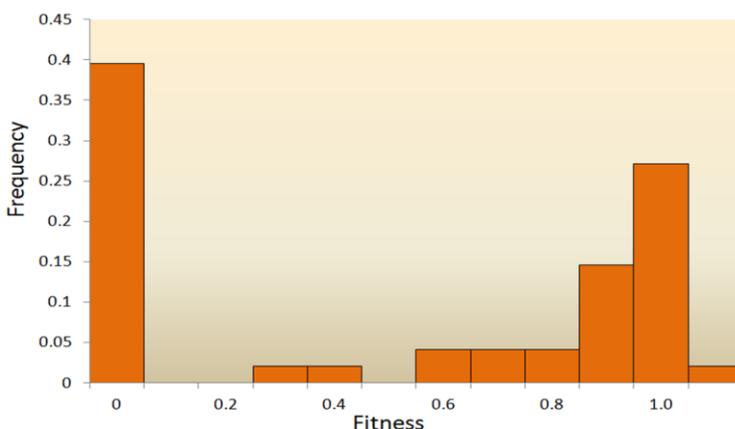


Fig. 3.6. Distribuição do efeito de adequação

Se os nucleotídeos forem inseridos ou excluídos (causando mutações de frameshift), ou se os códons de parada forem criados ou removidos por mutações, serão produzidas proteínas não funcionais. Esse é o principal motivo pelo qual, considerando o grande número de aminoácidos nas proteínas dos organismos vivos (por exemplo, de 20 a 33.000 nas proteínas humanas), a probabilidade de a macroevolução ocorrer por meio de tais mutações aleatórias é impossível (consulte a Seção 'd' deste capítulo para obter mais detalhes). Além disso, as mutações aleatórias não podem explicar o surgimento inicial da vida a partir de matérias não vivas.

A deriva genética se baseia em mudanças aleatórias nas frequências de alelos, o que pode não explicar suficientemente a complexidade adaptativa observada nos organismos. A deriva genética é mais pronunciada em populações pequenas, tornando seu impacto menos relevante em populações maiores, onde ocorre a maior parte da evolução. Além disso, ela não tem a força direcional necessária para explicar o desenvolvimento de estruturas e sistemas altamente organizados. Além disso, a deriva genética não pode produzir novas informações ou funções, não explicando, portanto, o surgimento de novas características ou a origem de características biológicas

complexas.

A transferência horizontal de genes (HGT) é a transferência de material genético entre organismos não relacionados, não por meio de herança, contribuindo para a variação genética. A HGT enfrenta problemas ao explicar características complexas em organismos multicelulares porque a função da HGT é limitada principalmente aos procariotos, com menos impacto nos organismos superiores. A integração de genes estranhos ao genoma de um hospedeiro geralmente requer mecanismos regulatórios precisos, que provavelmente não evoluem simultaneamente. Além disso, a HGT pode introduzir instabilidade genética, o que pode levar a mutações prejudiciais. A natureza aleatória da aquisição de genes por meio da HGT também levanta questões sobre sua capacidade de produzir adaptações coordenadas e funcionais. A HGT não explica a origem de novos genes, mas sim a transferência de genes existentes, deixando de abordar a emergência de novas características.

A tabela a seguir resume a aplicabilidade das teorias evolutivas à biogênese e aos processos genéticos.

Teorias da evolução	Pode explicar a biogênese?	Pode explicar a formação de RNA, proteína e DNA?	Adaptação genética, não evolução?
Seleção natural	Não	Não	Sim
Mutação	Não	Não	Sim
Deriva genética	Não	Não	Sim
HGT	Não	Não	N/A

Tabela 3.2. Teorias da evolução: aplicabilidade à biogênese e à genética (\*: veja a próxima seção sobre adaptação genética)

Conforme mostrado na tabela, as principais teorias evolutivas não conseguem explicar a origem da vida na Terra e os mecanismos por trás da formação de componentes biológicos fundamentais, como RNA,

proteínas e DNA. Isso sugere que os modelos evolutivos aplicados a células, tecidos, órgãos e formas de vida existentes não constituem explicações verdadeiras para a origem ou evolução da própria vida. Em vez de abordar o surgimento da vida a partir de matéria não viva, essas teorias apenas descrevem como a vida se desenvolve depois que os blocos de construção essenciais - RNA, proteínas e DNA - já estão presentes, da mesma forma que detalhar o processo de montagem de um carro ou a construção de um edifício sem explicar como as matérias-primas e as peças vieram a existir.

As teorias evolutivas aplicadas aos organismos vivos descrevem principalmente os processos genéticos e bioquímicos que permitem que eles se adaptem a ambientes em constante mudança. Entretanto, essas adaptações e comportamentos não são criados recentemente pela evolução, mas já estão codificados em suas informações genéticas. Dada essa limitação, as teorias evolucionárias seriam mais precisamente denominadas "Teoria da adaptação genética" (consulte a próxima seção), pois abordam principalmente as maneiras pelas quais os organismos se ajustam às pressões ambientais por meio de mecanismos genéticos preexistentes.

Apesar dessas limitações críticas, a teoria da evolução tem sido excessivamente promovida, criando concepções errôneas generalizadas. Atualmente, muitas pessoas acreditam erroneamente que ela pode explicar a transição da matéria não viva para organismos vivos e o desenvolvimento de formas de vida complexas.

Para construir um edifício, precisamos de plantas, materiais de construção e uma base sólida para começar. As teorias evolucionárias são semelhantes à tentativa de construir um prédio sem plantas (direcionalidade), materiais de construção (RNA, proteínas, DNA) e uma base (a origem inicial da vida). Sem isso, os edifícios não podem ser construídos.

Assim como reconhecemos que as plantas de um edifício foram projetadas por um arquiteto, também devemos reconhecer que todos os organismos vivos foram projetados e criados por Deus, o Criador

divino.

### c. A teoria de Darwin: Teoria da Evolução ou Teoria da Adaptação Genética?

A evolução é amplamente categorizada em dois tipos: microevolução e macroevolução. A microevolução refere-se a mudanças de pequena escala em uma espécie ao longo do tempo. Essas mudanças são observáveis em curtos períodos de tempo e geralmente envolvem adaptação ao ambiente. A macroevolução, por outro lado, envolve mudanças em grande escala que ocorrem durante longos períodos geológicos, levando à formação de novas espécies e grupos taxonômicos mais amplos.

Os biólogos evolucionistas propõem que o principal mecanismo para a macroevolução é o acúmulo de inúmeras mudanças microevolutivas ao longo do tempo. As pessoas concordam que há evidências de microevolução, mas não há evidências convincentes de macroevolução. Se o darwinismo fosse chamado de teoria da evolução, ele deveria mostrar as evidências da macroevolução. A evidência mais convincente da macroevolução é a existência de espécies transicionais. No capítulo 6 (Dificuldades para a teoria) do livro de Darwin "On the Origin of Species" (Sobre a origem das espécies), está escrito "Por que, se as espécies descendem de outras espécies por graduações insensivelmente finas, não vemos em toda parte inúmeras formas de transição?". Essa falta de evidências de espécies transicionais é frequentemente chamada de "dilema de Darwin".

Os fósseis frequentemente rotulados como "transicionais" podem ser simplesmente variações dentro de uma espécie ou formas completamente não relacionadas. Essa ambiguidade dificulta a identificação conclusiva das verdadeiras formas de transição. Por exemplo, o Tiktaalik é amplamente considerado um fóssil de transição e considerado uma das descobertas mais importantes no estudo da evolução dos vertebrados. No entanto, o artigo da Nature publicado por Niedzwiedzki et al. revela trilhas de tetrápodes bem preservadas

que são anteriores ao Tiktaalik em cerca de 18 milhões de anos. As trilhas descobertas sugerem que os tetrápodes totalmente desenvolvidos já andavam sobre a terra muito antes do que se acreditava anteriormente. Como o Tiktaalik data de cerca de 375 milhões de anos atrás, a presença de rastros de tetrápodes mais antigos desafia seu papel como uma forma de transição direta entre peixes e tetrápodes.

Se não há evidências convincentes de espécies transicionais, a teoria de Darwin foi nomeada erroneamente e deveria ser chamada de teoria da adaptação genética em vez de teoria da evolução. O motivo está relacionado aos ciclos de Milankovitch, que influenciam os padrões climáticos e têm desempenhado um papel na formação das adaptações genéticas ao longo do tempo.

- **Ciclos de Milankovitch**

A excentricidade da Terra flutua de quase circular para mais elíptica em um ciclo de 100.000 anos. A mudança de excentricidade influencia os padrões climáticos, contribuindo para a época dos períodos glaciais e interglaciais.

A inclinação axial da Terra (obliquidade) varia entre 22,1 graus e 24,5 graus em um ciclo de 41.000 anos. Essa inclinação afeta a distribuição da radiação solar entre o equador e os polos, influenciando a intensidade das estações e desempenhando um papel crucial nos padrões climáticos de longo prazo e na dinâmica da era glacial .

A precessão do eixo de rotação da Terra envolve a mudança gradual na orientação do eixo em um ciclo de 26.000 anos. Essa oscilação faz com que o tempo das estações mude em relação à posição da Terra em sua órbita. Esse mecanismo altera a intensidade e o momento das estações, afetando o sistema climático geral da Terra.

Os efeitos combinados das mudanças na excentricidade, na inclinação axial e na precessão do eixo de rotação são conhecidos coletivamente como ciclos de Milankovitch. Esses ciclos causam mudanças climáticas globais de longo prazo. O deserto do Saara é um

bom exemplo de mudança climática. Durante os períodos de maior radiação solar, o Saara recebe mais chuvas, transformando-o em uma paisagem verde e exuberante com lagos e rios. Por outro lado, a diminuição da radiação solar resulta em condições áridas, transformando a região no vasto deserto que se vê atualmente.

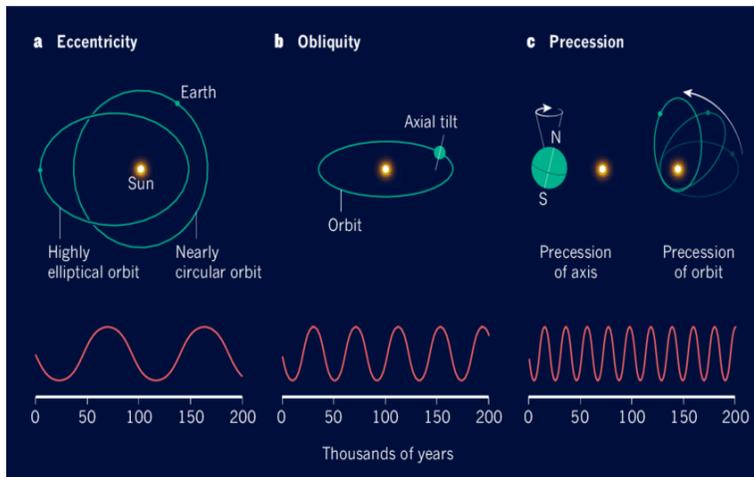


Fig. 3.7. Componentes dos ciclos de Milankovitch

Quando essas mudanças ocorrem, todos os organismos vivos da Terra ajustam seus corpos às mudanças no ambiente por meio da adaptação genética. Esse mecanismo notável, codificado no DNA, permite que os organismos sobrevivam por longos períodos sem serem extintos. Embora os evolucionistas tenham tradicionalmente rotulado essa adaptabilidade como "evolução", essa classificação é enganosa; ela deveria ser descrita de forma mais precisa e científica como "adaptação genética". Deixe-me ilustrar alguns exemplos que poderiam apoiar o conceito da "teoria da adaptação genética".

- **Adaptação genética à radiação UV**

Se a pele humana for exposta à forte radiação UV devido à mudança climática, um mecanismo complexo que envolve várias proteínas e hormônios aciona o aumento da produção de melanina por meio da

ativação de genes específicos.

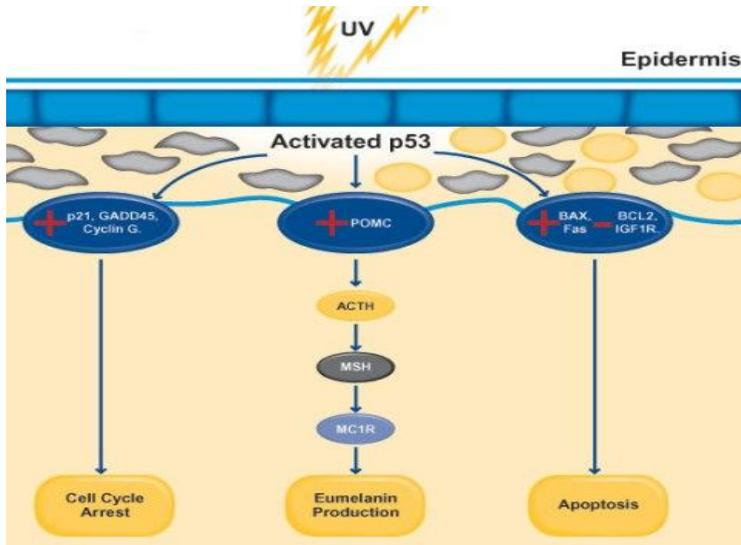


Fig. 3.8. Mecanismo de produção de melanina

A radiação UV causa danos ao DNA nas células da pele. Esse dano ativa a proteína p53, que é um regulador crucial da resposta da célula ao estresse e ao dano. A proteína p53 ativada atua como um fator de transcrição, promovendo a expressão de vários genes envolvidos na resposta protetora aos danos causados pelos raios UV. A p53 estimula a expressão do gene da pró-opiomelanocortina (POMC). A POMC é um polipeptídeo precursor que pode ser clivado em vários peptídeos menores com diferentes funções. A POMC é processada em vários peptídeos, incluindo o hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) e o hormônio estimulador de melanócitos (MSH).

O MSH se liga ao receptor de melanocortina 1 (MC1R) na superfície dos melanócitos, as células responsáveis pela produção de melanina. A ligação do MSH ao MC1R ativa o receptor, o que desencadeia uma cascata de sinalização dentro dos melanócitos. A ativação do MC1R leva à regulação positiva dos genes envolvidos na síntese de melanina. Os melanócitos aumentam a produção de melanina, um pigmento que

absorve e dissipa a radiação UV, protegendo, assim, o DNA das células da pele contra danos adicionais induzidos por UV.

A melanina é empacotada em melanossomos, que são então transportados para os queratinócitos, o tipo de célula predominante na camada externa da pele. A melanina forma uma capa protetora sobre os núcleos dos queratinócitos, protegendo efetivamente o DNA da radiação UV.

Esse é um dos exemplos de adaptação genética em resposta a mudanças no ambiente em um período de tempo relativamente curto.

- **Adaptação genética ao ambiente do Ártico**

Os inuítes desenvolveram adaptações genéticas que lhes permitem prosperar no ambiente hostil do Ártico. As principais adaptações incluem variantes no grupo de genes da dessaturase de ácidos graxos (FADS), que aumentam sua capacidade de metabolizar ácidos graxos ômega-3 e ômega-6 de sua dieta tradicional rica em gordura de mamíferos marinhos. Além disso, as alterações genéticas no gene da carnitina palmitoiltransferase 1A (CPT1A) melhoram a produção de energia a partir de gorduras, o que é crucial para a manutenção do calor corporal. Essas adaptações reduzem o risco de doenças cardiovasculares apesar de uma dieta rica em gordura. Além disso, a adaptação nos genes que regulam a atividade da gordura marrom aumenta a termogênese, ajudando os inuítes a gerar calor e manter a temperatura corporal no frio extremo. Essas adaptações genéticas contribuem coletivamente para sua sobrevivência em condições de clima frio. Essas mudanças parecem datar de pelo menos 20.000 anos atrás, quando os ancestrais dos inuítes viviam ao redor do Estreito de Bering, entre a Rússia e o Alasca. Esse é outro exemplo de adaptação genética a um ambiente em constante mudança.



Fig. 3.9. Inuit cujos genes foram adaptados ao ambiente frio

- De urso marrom a urso polar por meio de adaptação genética

A transição dos ursos marrons para os ursos polares é um bom exemplo de adaptação genética impulsionada por pressões ambientais. Há aproximadamente 400.000 anos, uma população de ursos marrons ficou isolada no Ártico, onde enfrentou diferentes desafios de sobrevivência. As alterações genéticas que conferiam vantagens no ambiente hostil e gelado foram selecionadas naturalmente ao longo do tempo.

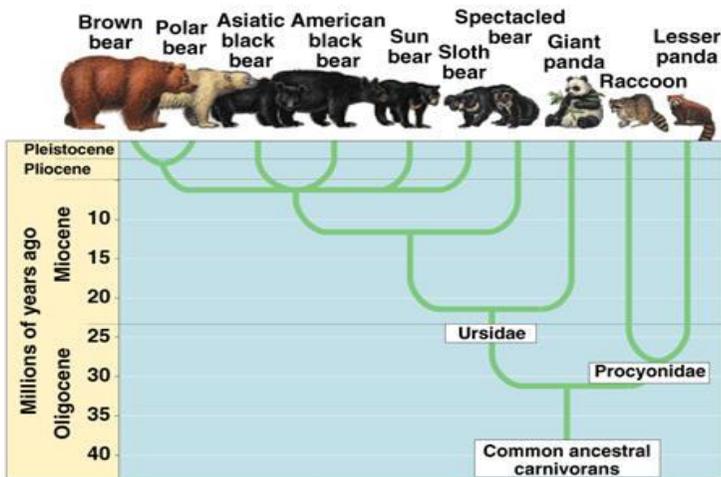


Fig. 3.10. Urso marrom e urso polar

As principais adaptações incluem mudanças nos genes relacionados ao metabolismo da gordura, como o gene da apolipoproteína B (APOB), que melhorou a capacidade de processar uma dieta rica em gordura das focas, sua principal fonte de alimento. As adaptações em genes como o receptor de endotelina tipo B (EDNRB) e o ausente no melanoma 1 (AIM1) também levaram ao desenvolvimento da pelagem branca, proporcionando camuflagem contra a neve e o gelo. Além disso, as alterações genéticas que afetam a estrutura esquelética e a morfologia dos membros do urso aprimoraram suas habilidades de natação, cruciais para a caça nas águas do Ártico.

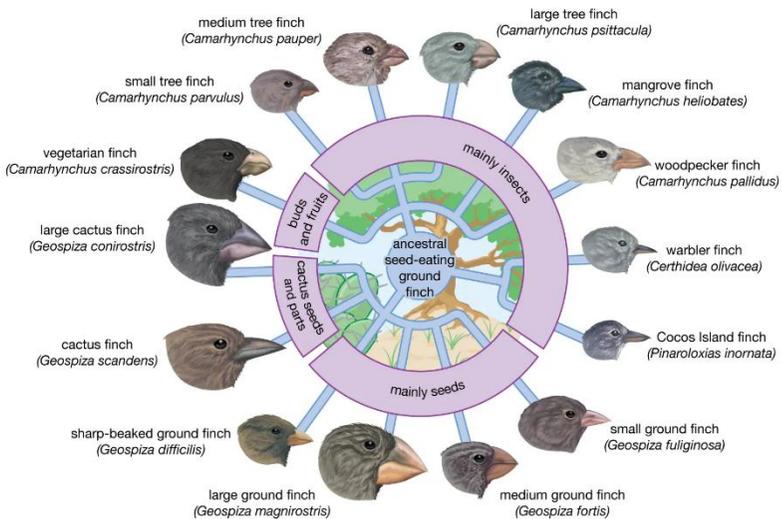
Essas adaptações genéticas permitiram que os ursos polares explorassem com eficiência os recursos do Ártico, sobrevivessem no frio extremo e se tornassem distintos de seus ancestrais ursos marrons. É importante observar que, apesar dos 400.000 anos de mudanças genéticas, eles continuam sendo ursos e não se transformaram em uma espécie diferente.

- **Mudança de bico em tentilhões por meio de adaptação genética**

A mudança no tamanho e na forma do bico dos tentilhões de Darwin é um exemplo clássico de adaptação genética em resposta às pressões ambientais. Nas Ilhas Galápagos, os tentilhões mudaram várias formas de bico para explorar diferentes fontes de alimento. Durante os períodos de seca, quando as sementes duras são a principal fonte de alimento, os tentilhões com bicos maiores e mais fortes têm maior probabilidade de obter vantagem seletiva e se reproduzir. Por outro lado, quando o ambiente muda para favorecer alimentos mais macios, os tentilhões com bicos menores e mais ágeis têm uma vantagem seletiva. Essas adaptações são o resultado de alterações em genes específicos, como o gene *aristaless-like homeobox 1* (ALX1), que influencia o formato do bico, e o gene *high mobility group AT-hook 2* (HMGA2), que afeta o tamanho do bico.

A mudança no ambiente atua sobre essas variações genéticas, levando a uma diversidade de formas de bico adequadas a diferentes nichos ecológicos. Ao longo das gerações, essas adaptações genéticas permitem que os tentilhões explorem os recursos disponíveis de forma eficiente, demonstrando como as mudanças genéticas podem gerar diversos formatos e tamanhos de bico em resposta aos desafios ambientais. Os tentilhões vivem nas Ilhas Galápagos há cerca de 2 milhões de anos. Apesar desse longo período, eles permaneceram tentilhões e não se transformaram em uma espécie diferente (ou seja, não houve macroevolução).

### Adaptive radiation in Galapagos finches



© Encyclopædia Britannica, Inc.

Fig. 3.11. Bicos dos tentilhões de Galápagos

Concluindo, a "teoria da evolução" de Darwin deveria ser chamada de "teoria da adaptação genética", pois não há evidências convincentes de macroevolução. A microevolução refere-se a mudanças em pequena escala nas frequências de alelos em uma população ao longo do tempo, enquanto a adaptação genética descreve especificamente

as mudanças que aumentam a capacidade de um organismo de sobreviver e se reproduzir em seu ambiente. Portanto, ao se referir a mudanças que aumentam a sobrevivência, o termo "adaptação genética" não é apenas mais apropriado, mas também cientificamente preciso, ao contrário do termo "evolução", amplamente aplicado de forma errônea.

#### d. Evoluímos a partir dos macacos?

Os antropólogos sugerem que a evolução humana começou com os Hominoidea há cerca de 20,4 milhões de anos. Os Hominoidea divergiram em Hominidae e Hylobatidae (gibões). Em seguida, os Hominidae se dividiram em Homininae e Ponginae (orangotangos). Os Homininae também se dividiram em Hominini e Gorillini (gorilas). Os Hominini se dividiram em Hominina (Australopithecina) e Panina (chimpanzés). Por fim, os Hominina se dividiram em Australopithecus e Ardipithecus. Os seres humanos evoluíram do Australopithecus há cerca de 2,5 milhões de anos, passando pelo Homo habilis, Homo erectus e Homo sapiens.



Fig. 3.12. Evoluímos a partir dos macacos?

Vamos discutir se os seres humanos poderiam ter evoluído do Australopithecus (macacos) por meio de mudanças genéticas nos últimos 2,5 milhões de anos. Existem mapas genéticos humanos, mas não há mapas genéticos disponíveis para o Australopithecus. Lucy, o Australopithecus mais famoso, tinha um cérebro de tamanho comparável ao dos chimpanzés modernos. Portanto, vamos supor que

os genes do *Australopithecus* sejam semelhantes aos dos chimpanzés. As sequências de DNA de humanos e chimpanzés diferem em cerca de 1,23% devido a polimorfismos de nucleotídeo único (SNPs), que são alterações de um único par de bases na sequência de DNA. Ao considerar as inserções e exclusões (indels) de pares de bases no genoma, a diferença total aumenta. Indels são segmentos de DNA que estão presentes em uma espécie, mas ausentes na outra. Eles podem ser responsáveis por uma diferença adicional de 3% no genoma. Em geral, embora os seres humanos e os chimpanzés compartilhem cerca de 98-99% de suas sequências de DNA, a diferença restante de 1-2%, juntamente com as variações na regulação dos genes, é responsável pelas diferenças físicas, cognitivas e comportamentais significativas entre as duas espécies.

Sabe-se que a taxa de mutação em chimpanzés é de aproximadamente 1 mutação por 100 milhões de pares de bases por geração, comparável à taxa de mutação em humanos. Se presumirmos que uma geração de *Australopithecus* é de 25 anos, então 100.000 gerações terão se passado em 2,5 milhões de anos. Durante esse período, a taxa de mutação total seria de 0,1% ( $100.000 / 100$  milhões). Essa taxa de mutação representa apenas 10% da diferença genética entre humanos e chimpanzés. Portanto, parece improvável que o *Australopithecus* pudesse evoluir para humanos em um período de 2,5 milhões de anos. Essa estimativa pressupõe que todas as mutações são benéficas, embora a maioria das mutações seja prejudicial.

Esse argumento também pode ser examinado considerando-se a alteração de códons por meio de mutações genéticas aleatórias. Tanto os seres humanos quanto os chimpanzés têm aproximadamente 20.000 a 25.000 genes codificadores de proteínas. Devido ao splicing alternativo e às modificações pós-tradução, cada gene pode produzir diversas variantes de proteínas, resultando em cerca de 80.000 a 100.000 proteínas funcionais exclusivas. O número de aminoácidos nas proteínas humanas varia de 20 a 33.000. Supondo que 1% dos genes diferem entre humanos e chimpanzés, e que ambas as espécies têm

20.000 genes codificadores de proteínas com uma média de 100 aminoácidos por proteína, esperaríamos que cada proteína em chimpanzés precisasse de uma mutação de aminoácido para corresponder à sua contraparte humana.

Para que essas mutações ocorram no DNA do chimpanzé, eles precisariam evitar a mutação de códons para códons de parada (UAA, UAG, UGA) entre os 64 códons possíveis, porque essas alterações resultarão em proteínas não funcionais. A probabilidade de atingir essa taxa de mutação de 1% em 20.000 proteínas sem fazer mutações em códons de parada e no próprio códon do chimpanzé é  $(60/64)^{20.000} = 10^{(-) (561)}$ . Mesmo sem considerar as mutações de frameshift (inserções ou exclusões de nucleotídeos), essa probabilidade é extraordinariamente baixa e praticamente impossível de ocorrer por acaso. Esse argumento sugere que as mudanças macroevolutivas, como a transição de *Australopithecus* para humanos, são praticamente impossíveis por meio de mutações aleatórias.

### e. Design Inteligente

O design inteligente, geralmente considerado sinônimo de criacionismo, é a teoria científica de que o universo e os organismos vivos são mais bem explicados por uma causa inteligente do que por processos não direcionados, como a seleção natural ou o processo aleatório. Um caso notável relacionado ao design inteligente é o julgamento do tribunal federal de 2005 realizado em Dover, Pensilvânia, EUA. Esse julgamento começou quando os pais entraram com uma ação judicial alegando que o ensino do design inteligente nas escolas públicas violava a Constituição. Os pais argumentaram que o design inteligente é inerentemente de natureza religiosa e que seu ensino nas escolas públicas violava a Cláusula de Estabelecimento da Constituição dos EUA, que determina a separação entre Igreja e Estado.

Durante o julgamento, os defensores do design inteligente e da evolução apresentaram seus respectivos argumentos. Uma figura proeminente que representou o design inteligente foi o bioquímico

Michael Behe, que afirmou que as estruturas complexas dos organismos vivos não poderiam ser explicadas apenas pela seleção natural e sugeriu a possibilidade de que certas características foram moldadas por uma causa inteligente.

Entretanto, o tribunal rejeitou os argumentos de Behe e de outros proponentes do design inteligente, aceitando, em vez disso, as posições dos defensores da evolução. O juiz determinou que o ensino do design inteligente era inconstitucional, considerando assim ilegal a instrução do design inteligente nas escolas públicas de Dover.

O principal problema com essa decisão está na aceitação acrítica do tribunal dos argumentos apresentados pelos proponentes da evolução e dos artigos científicos relacionados. Esses artigos assumiram implicitamente que a vida surgiu por acaso e interpretaram erroneamente a adaptação genética ao ambiente como evidência de evolução. Entretanto, conforme resumido na Tabela 3.2, as teorias evolucionárias se aplicam somente a organismos vivos existentes e não podem explicar a origem da vida. Além disso, as teorias evolutivas apenas descrevem o comportamento dos genes que já estão incorporados no código genético. No entanto, o tribunal não considerou esses fatos científicos em sua decisão, levantando preocupações significativas sobre a imparcialidade da decisão.

William Paley, filósofo do século 18, é uma figura fundamental nesse argumento, ilustrando-o de forma famosa com sua analogia do relojoeiro. Paley argumentou que, assim como a complexidade de um relógio implica um projetista, a complexidade da vida e do universo também implica o Criador divino. Suas ideias lançaram as bases para a moderna teoria do design inteligente. Os principais conceitos do design inteligente incluem complexidade especificada, complexidade irreduzível e ajuste fino. Vários exemplos de ajuste fino foram mostrados nos Capítulos 1 e 2. Agora, vamos examinar detalhadamente a complexidade especificada e a complexidade irreduzível.

### i. Complexidade especificada

A complexidade especificada, um conceito-chave no design inteligente, postula que certos padrões na natureza são altamente complexos e especificamente organizados para cumprir uma função específica, indicando um design intencional. Diferentemente da complexidade aleatória, a complexidade especificada não é apenas intrincada, mas também ordenada de forma a atingir um resultado específico. Essa característica dupla sugere que é improvável que esses padrões tenham surgido apenas por acaso.

Um dos exemplos de complexidade especificada é a estrutura do DNA. A sequência de nucleotídeos no DNA é altamente complexa, com bilhões de combinações possíveis até mesmo em uma única fita. Essa complexidade garante que o arranjo não seja o resultado de processos simples e aleatórios. Os mecanismos de replicação e reparo do DNA destacam ainda mais sua complexidade. Esses processos envolvem várias proteínas e enzimas que trabalham em coordenação para copiar e manter com precisão as informações genéticas. A sequência de nucleotídeos não é apenas complexa, mas também altamente específica, pois codifica instruções precisas para a síntese de proteínas. Cada gene na sequência de DNA corresponde a uma proteína específica, e até mesmo pequenas alterações na sequência podem afetar significativamente a função da proteína resultante. O DNA também contém elementos reguladores que controlam quando e onde os genes são expressos, acrescentando outra camada de especificidade à sua função.

É improvável que a complexidade especificada observada no DNA tenha surgido por meio de processos não direcionados, como mutações aleatórias e seleção natural. Em vez disso, isso sugere que uma causa inteligente é uma explicação mais plausível para a origem de informações tão intrincadas e funcionalmente específicas.

Outro exemplo de complexidade especificada é o flagelo bacteriano, uma estrutura motorizada semelhante a um chicote usada por certas bactérias para locomoção. Aqui está uma visão detalhada de por que o

flagelo bacteriano é considerado um exemplo de complexidade especificada.

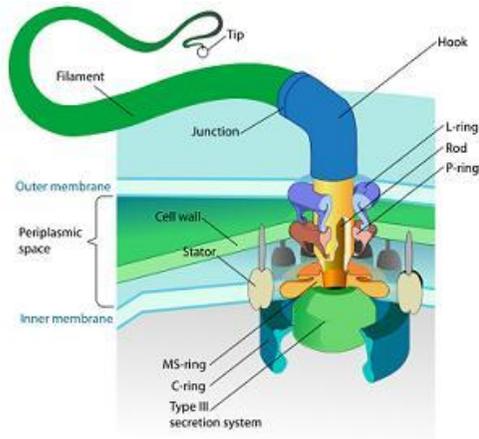


Fig. 3.13. Flagelo bacteriano

O flagelo bacteriano é composto por cerca de 40 proteínas diferentes que formam vários componentes, como o filamento, o gancho e o corpo basal. O próprio corpo basal funciona como um motor rotativo, completo com rotor, estator, eixo de acionamento e hélice. Para que o flagelo funcione, todas essas partes devem estar presentes e montadas corretamente. A ausência de qualquer um desses componentes faz com que o flagelo não funcione, destacando sua complexidade.

Os componentes do flagelo devem ser organizados de uma maneira muito específica para que ele funcione. As proteínas devem ser montadas em uma sequência precisa e suas formas devem se encaixar exatamente, como as peças de uma máquina bem projetada. O flagelo não é apenas complexo, mas também tem uma função altamente específica: impulsionar a bactéria. Ele opera em velocidades impressionantes, pode mudar de direção e é eficiente em termos de energia, o que aponta para um projeto intencional.

A complexidade especificada do flagelo bacteriano não pode ser

adequadamente explicada por mutações aleatórias e seleção natural. A probabilidade de um sistema tão altamente integrado e funcional surgir por acaso é extremamente baixa. Além disso, como as formas intermediárias do flagelo provavelmente não seriam funcionais, o caminho evolutivo tradicional de melhorias graduais, passo a passo, parece implausível. O flagelo também exemplifica a complexidade irreduzível, um subconjunto da complexidade especificada, conforme será detalhado na seção seguinte. O argumento é que todas as partes do flagelo são necessárias para sua função e, portanto, ele não poderia ter evoluído por meio de modificações sucessivas e leves, como sugere a evolução darwiniana.

## ii. Complexidade irreduzível

A complexidade irreduzível é um conceito introduzido pelo bioquímico Michael Behe, que postula que determinados sistemas biológicos são complexos demais para terem evoluído por meio de modificações graduais, passo a passo. Esses sistemas, como o flagelo bacteriano ou a cascata de coagulação do sangue, consistem em partes múltiplas e interdependentes que devem estar presentes e funcionando para que o sistema funcione. A remoção de qualquer uma das partes torna o sistema não funcional. Essas estruturas complexas e interdependentes indicam a presença de um designer inteligente, pois não podem ser explicadas apenas pela seleção natural e pela mutação aleatória. Esse conceito desafia a teoria evolucionária convencional e apoia a ideia de um projeto intencional na natureza.

Um exemplo de complexidade irreduzível é o ciclo visual, um processo bioquímico no olho que converte a luz em sinais elétricos, possibilitando a visão. Esse sistema consiste em várias partes interdependentes que devem estar presentes e funcionando para que o processo funcione de forma eficaz. Se algum componente estiver faltando ou não funcionar, todo o ciclo visual falhará, ilustrando o conceito de complexidade irreduzível. Os principais componentes do ciclo visual são os fotorreceptores (bastonetes e cones), a rodopsina,

as opsinas, a retina, a via de transdução de sinal e o processamento neural.

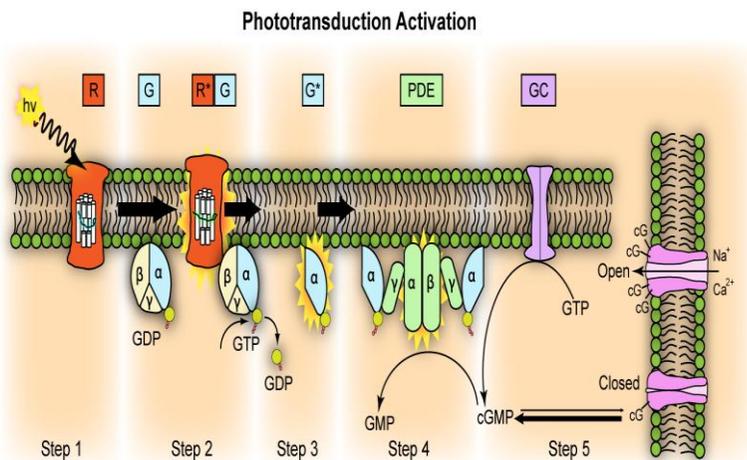


Fig. 3.14. Etapas moleculares no ciclo visual

Os fotorreceptores são células da retina que detectam a luz. Os bastonetes são responsáveis pela visão com pouca luz, enquanto os cones detectam cores. Cada fotorreceptor contém moléculas sensíveis à luz chamadas fotopigmentos, principalmente a rodopsina nos bastonetes. Esse fotopigmento nos bastonetes consiste em uma proteína chamada opsina e uma molécula sensível à luz chamada retinal. Os cones contêm opsinas diferentes que respondem a vários comprimentos de onda da luz, possibilitando a visão colorida. O retinal, um derivado da vitamina A, muda de forma quando absorve a luz. Essa mudança de forma ativa a opsina, iniciando a cascata de transdução visual. A opsina ativada, por sua vez, ativa uma proteína G chamada transducina. A transducina ativa a fosfodiesterase (PDE), que reduz o nível de GMP cíclico (cGMP) na célula. A diminuição do GMPc fecha os canais iônicos na membrana da célula fotorreceptora, levando à hiperpolarização da célula e gerando um sinal elétrico. O sinal elétrico é transmitido através das células bipolares para as células ganglionares,

que enviam o sinal através do nervo óptico para o cérebro. O cérebro processa esses sinais para formar imagens visuais.

Cada componente do ciclo visual é interdependente. Os fotorreceptores, a rodopsina, a retina, a transducina, a PDE e os canais iônicos devem estar presentes e funcionar corretamente para que a visão ocorra. A remoção de um único componente causaria a falha do sistema. Podemos argumentar que um sistema tão complexo não poderia ter evoluído por meio de uma série de pequenas mudanças incrementais, pois os estágios intermediários sem todos os componentes não seriam funcionais e, portanto, não seriam favorecidos pela seleção natural. As intrincadas vias bioquímicas e as interações moleculares precisas envolvidas no ciclo visual destacam a complexidade e a especificidade necessárias para a visão. A natureza interdependente de seus componentes e a complexidade dos processos bioquímicos envolvidos sugerem que esse sistema não poderia ter surgido por meio de processos evolutivos não direcionados, mas aponta para um designer inteligente, o Criador divino.

O ciclo visual em termos de um programa de computador pode ajudar a ilustrar sua complexidade e seus processos interdependentes. Aqui está uma analogia conceitual usando python:

### **Ciclo visual escrito em um programa de computador**

# Inicialização: configura o ambiente para o ciclo visual, incluindo fotorreceptores (bastonetes e cones)

```
classe VisualCycle:
```

```
    def __init__(self):
```

```
        self.photoreceptors = {'rods': [], 'cones': []}
```

```
        self.initialize_photopigments()
```

```
        self.signal_pathway_active = False
```

# Entrada do usuário: detecta a entrada de luz e inicia o processo de ativação do fotopigmento

```
    def detect_light(self, light_wavelength):
```

```
        if light_wavelength in visible_spectrum:
```

```

        self.activate_photopigment(light_wavelength)
# Evento desencadeador: altera o formato da retina e ativa a opsina,
que, por sua vez, aciona a via de transdução de sinal
def activate_photopigment(self, wavelength):
    retinal = self.change_retinal_shape(wavelength)
    opsin = self.bind_retinal_to_opsin(retinal)
    self.start_signal_transduction(opsin)
# Manuseio de eventos: ativa a transducina e a PDE, levando a uma
redução nos níveis de GMPc, fechando os canais iônicos e gerando um
sinal elétrico
def start_signal_transduction(self, opsin):
    self.signal_pathway_active = True
    transducin = self.activate_transducin(opsin)
    pde = self.activate_pde(transducin)
    self.regulate_cGMP_levels(pde)
    self.generate_electrical_signal()
# Manuseio de sinais: ajusta os canais iônicos com base nos níveis
de GMPc para facilitar a geração de sinais elétricos
def regulate_cGMP_levels(self, pde):
    cGMP_level = self.reduce_cGMP(pde)
    self.adjust_ion_channels(cGMP_level)
# Saída de sinal: cria e transmite o sinal elétrico para o cérebro
def generate_electrical_signal(self):
    se self.signal_pathway_active:
        electrical_signal = self.create_signal()
        self.transmit_signal_to_brain(electrical_signal)
# Rede de comunicação: processa e encaminha o sinal por meio de
células bipolares e ganglionares, enviando-o, por fim, pelo nervo óptico
def transmitir_signal_to_brain(self, signal):
    bipolar_cells = self.process_signal_with_bipolar_cells(signal)
    ganglion_cells = self.forward_signal_to_ganglion(bipolar_cells)
    optic_nerve = self.send_signal_via_optic_nerve(ganglion_cells)
    self.visual_perception(optic_nerve)

```

# Saída final: o cérebro decodifica e processa o sinal para criar uma imagem visual

```
def visual_perception(self, optic_nerve):  
    visual_cortex = self.decode_signal(optic_nerve)  
    self.render_image(visual_cortex)
```

Essa analogia ilustra as etapas interdependentes e a complexidade do ciclo visual, assim como um programa de computador com várias funções e manipuladores de eventos trabalhando juntos para obter um resultado específico. Se perdermos alguma das etapas ou as usarmos na ordem errada, o resultado pretendido não será alcançado.

O fato de o ciclo visual poder ser representado como um programa de computador sugere que o olho foi projetado de forma inteligente. O projeto do desenho do olho está ligado ao gene PAX6, localizado no cromossomo 11, que desempenha um papel crucial no desenvolvimento do olho.

### iii. Livros notáveis sobre Design Inteligente

**Evolution: A Theory in Crisis** (Michael Denton: 1985): Denton critica a evolução darwiniana, argumentando que a complexidade dos sistemas biológicos não pode ser adequadamente explicada apenas pela seleção natural. Denton apresenta evidências de vários campos, como biologia molecular e paleontologia, para destacar lacunas e inconsistências na teoria evolutiva. Ele argumenta que as estruturas e funções intrincadas observadas nos organismos vivos apontam para um projeto inteligente, e não para mutações e seleção aleatórias. O livro desafia o consenso científico predominante e sugere que é necessária uma explicação alternativa para explicar a origem e a diversidade da vida.

**Darwin's Black Box: The Biochemical Challenge to Evolution** (Michael J. Behe: 2006): Nesse livro seminal, Michael Behe apresenta o conceito de complexidade irreduzível, argumentando que determinados sistemas biológicos, como o flagelo bacteriano, são complexos demais

para terem evoluído somente por meio da seleção natural. Behe afirma que esses sistemas são mais bem explicados pelo design inteligente. O livro desafia a adequação da evolução darwiniana para explicar o intrincado mecanismo da vida em nível molecular e provocou um debate significativo nos círculos científicos e filosóficos.

**Darwin on Trial** (Phillip Johnson: 2010): Esse livro critica os fundamentos científicos da evolução darwiniana. Johnson, um professor de direito, examina as evidências da evolução com o escrutínio de um analista jurídico. Ele argumenta que a seleção natural e a mutação aleatória não explicam adequadamente a complexidade da vida. Johnson sugere que grande parte do apoio ao darwinismo se baseia no naturalismo filosófico e não na ciência empírica. Ele desafia a relutância da comunidade científica em considerar explicações alternativas, como o design inteligente, e pede uma discussão mais aberta sobre as origens da vida. O livro é influente na promoção do design inteligente e no questionamento do domínio da teoria darwinista na biologia.

**Signature in the Cell** : DNA and the Evidence for Intelligent Design (Stephen C. Meyer, 2010): Este livro explora as origens da vida e as informações codificadas no DNA. Meyer argumenta que as informações complexas e especificadas no DNA são mais bem explicadas por uma causa inteligente, já que os processos naturalistas não conseguem explicar a origem de tais informações. Ele apresenta um caso detalhado de design inteligente com base nas complexidades das informações genéticas, sugerindo que a origem da vida aponta para uma criação intencional em vez de processos aleatórios.

**Darwin Devolves** : The New Science About DNA That Challenges Evolution [A nova ciência sobre o DNA que desafia a evolução] (Michael J. Behe, 2020): O outro livro de Behe argumenta que as recentes descobertas genéticas minam a evolução darwiniana tradicional. Ele afirma que, embora a seleção natural e as mutações aleatórias possam explicar adaptações menores, elas não conseguem explicar a complexidade do maquinário molecular dentro das células. Ele

introduz o conceito de "devolução", em que as mutações levam à perda de informações genéticas em vez da criação de novas características benéficas. Behe afirma que essas limitações genéticas apontam para a necessidade de um designer inteligente, desafiando a estrutura evolutiva tradicional e propondo que o design inteligente oferece uma explicação mais plausível para a complexidade da vida.

**O mistério da origem da vida:** Reassessing Current Theories (Charles B. Thaxton et al., 2020): Esse trabalho inovador critica as várias teorias naturalistas da origem da vida e propõe o design inteligente como uma explicação mais plausível. Eles argumentam que a química pré-biótica e a formação da vida a partir da não-vida são mais bem explicadas por uma causa inteligente. O livro discute as deficiências das teorias contemporâneas sobre a origem da vida e apresenta o design inteligente como uma alternativa cientificamente viável, lançando as bases para o movimento moderno do design inteligente.

**The Design Inference** : Eliminating Chance through Small Probabilities [Eliminando o acaso por meio de pequenas probabilidades] (William A. Dembski & Winston Ewert, 2023): Este livro estabelece a base teórica para detectar o design na natureza. Eles exploram a estrutura matemática para detectar o design inteligente. Os autores apresentam o argumento de que sistemas complexos que exibem complexidade especificada são mais bem explicados por uma causa inteligente do que por processos aleatórios. Eles introduzem o conceito de "complexidade especificada", que combina a complexidade com um padrão dado de forma independente. O livro usa a teoria da probabilidade para mostrar que certos padrões na natureza são improváveis demais para terem surgido por acaso. Por meio de uma análise rigorosa, Dembski e Ewert argumentam que o reconhecimento do design é uma prática científica legítima e fornece ferramentas para distinguir o design do acaso em sistemas biológicos.

## **f. Física de partículas e criação**

Na seção anterior, exploramos a origem da vida discutindo seus

blocos de construção fundamentais, incluindo aminoácidos, RNA, proteínas, DNA e células. Esses componentes são formados por átomos, que implicitamente presumimos que existam naturalmente. Os átomos são compostos de partículas elementares. Nesta seção, analisaremos mais de perto a origem dessas partículas, explorando se elas surgiram espontaneamente ou se foram formadas por meio de um processo intencional.

De acordo com o Modelo Padrão da física de partículas, todas as matérias do universo são compostas de 17 partículas elementares. Essas incluem 6 quarks, 6 léptons, 4 bósons de calibre (glúons, fótons, bósons Z e bósons W) e o bóson de Higgs. Cada uma dessas partículas tem propriedades específicas, como massa, carga e spin, e cada uma desempenha um papel exclusivo nas interações entre as partículas, da mesma forma que as organelas em uma célula desempenham funções distintas.

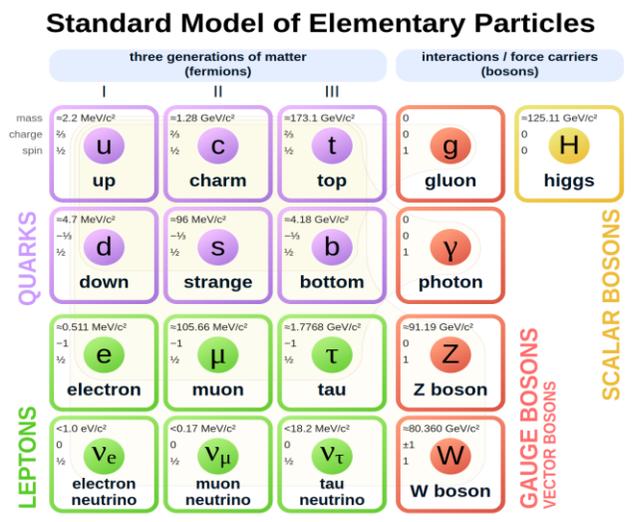


Fig. 3.15. As partículas elementares do Modelo Padrão

Os quarks são componentes fundamentais da matéria, essenciais na formação de prótons e nêutrons. Os prótons consistem em dois quarks

up e um quark down, enquanto os nêutrons são feitos de um quark up e dois quarks down. Os quarks são mantidos juntos pela força forte, mediada por glúons. Ao contrário das forças gravitacionais ou eletromagnéticas, que diminuem com a distância, a força forte entre os quarks aumenta à medida que eles se afastam e diminui à medida que se aproximam, mantendo uma separação específica. Os quarks podem mudar de tipo durante as interações de partículas, como o decaimento beta, em que um nêutron se transforma em um próton ao converter um quark down em um quark up.

Os bósons de calibre são partículas fundamentais que medeiam as forças básicas da natureza. Elas incluem o fóton para a força eletromagnética, os bósons W e Z para a força fraca e o glúon para a força forte. Cada bóson de calibre está associado a um campo específico e transmite a força entre as partículas. Eles são essenciais para explicar as interações em nível quântico, governando como as partículas interagem e se unem para formar a matéria.

O mecanismo de Higgs é um processo que explica como as partículas elementares adquirem massa. Ele envolve o campo de Higgs, um campo de energia que permeia o universo. Quando as partículas interagem com o campo de Higgs, elas adquirem massa, da mesma forma que os objetos que se movem em um meio experimentam resistência. O bóson de Higgs, uma partícula associada ao campo de Higgs, foi descoberto em 2012, confirmando essa teoria. Sem o mecanismo de Higgs, as partículas permaneceriam sem massa, e o universo não teria a estrutura necessária para a formação de átomos, organismos vivos, planetas e estrelas.

A física de partículas opera em um nível incrivelmente avançado e intrincado, oferecendo percepções profundas sobre a natureza e as origens do universo. Isso nos leva a fazer as seguintes perguntas fundamentais, entre muitas outras:

- Como as 17 partículas fundamentais foram criadas com propriedades tão precisas?
- Como os bósons de calibre adquiriram a propriedade de

mediação de força?

- Como se originou o mecanismo de Higgs?
- Como se originou o mecanismo de decaimento beta?
- Como as propriedades das partículas elementares podem ser descritas matematicamente?

Se as respostas às perguntas acima fossem puramente o resultado de processos aleatórios, o mundo como o conhecemos poderia não existir. Por exemplo, se faltasse uma única partícula fundamental, se o mecanismo de Higgs não tivesse sido estabelecido ou se os valores de massa e spin das partículas elementares fossem ligeiramente diferentes, nêutrons, prótons e elétrons não seriam capazes de se manter unidos. Isso resultaria no colapso de todas as matérias, tornando impossível a formação de qualquer coisa, inclusive de seres humanos. Essa precisão de ajuste fino na estrutura fundamental do universo exemplifica o conceito de "complexidade irreduzível" no âmbito da física de partículas, um princípio frequentemente associado ao design inteligente.

A criação de partículas elementares para formar a matéria pode ser comparada à formação de células e organelas em organismos multicelulares. Assim como células e organelas específicas têm papéis e propriedades distintas que contribuem para a complexa funcionalidade dos seres vivos, as partículas elementares possuem características precisas que permitem a formação de átomos, moléculas e, por fim, de todas as matérias. Esse paralelo ressalta a sofisticação e a intencionalidade inerentes ao mundo natural - seja no nível microscópico das células vivas, no reino subatômico das partículas fundamentais ou na escala macroscópica dos organismos vivos, estrelas e galáxias.

O fato de a formação de partículas elementares e suas interações poderem ser descritas com precisão usando as equações matemáticas da mecânica quântica sugere que elas são o resultado de um projeto matemático intencional e não do mero acaso. Caso contrário, teríamos que presumir que as partículas elementares possuem inteligência e a

capacidade de determinar, por conta própria, os valores exatos de massa, carga e spin necessários para formar a matéria e interagir com outras partículas. Entretanto, sabemos que esse não é o caso, pois as partículas elementares não têm consciência nem uma compreensão intrínseca da mecânica quântica.

O design e a coordenação intrincados observados tanto nos sistemas biológicos quanto na física de partículas sugerem fortemente a presença de inteligência subjacente e criação intencional - uma marca registrada do design inteligente - em vez de uma série de ocorrências aleatórias.

### g. Alienígenas e criação

A possibilidade de alienígenas, ou vida extraterrestre, tem fascinado cientistas e o público em geral há décadas. Dada a vastidão do universo, com bilhões de galáxias, cada uma contendo bilhões de estrelas e, potencialmente, ainda mais planetas, parece estatisticamente plausível que a vida possa existir em outro lugar, caso tenha surgido espontaneamente. O número de civilizações extraterrestres em uma galáxia pode ser estimado pela Equação de Drake:  $N = R_* \times f_p \times n_e \times f_i \times f_c \times L$  onde,  $N$  é o número de civilizações avançadas,  $R_*$  é a taxa de formação de estrelas,  $f_p$  é a fração de planetas,  $n_e$  é o número de planetas que suportam vida,  $f_i$  é a fração de planetas em que a vida se desenvolve,  $f_c$  é a fração de planetas em que a vida inteligente evolui,  $f_e$  é a fração de civilizações que podem enviar sinais e  $L$  é o período de tempo em que as civilizações podem se comunicar. Com um valor adequado para cada parâmetro, o número estimado de civilizações em uma galáxia é de aproximadamente 2.



Fig. 3.16. Os alienígenas existem?

Os projetos de busca de inteligência extraterrestre (SETI) foram iniciados em 1960. Esses projetos utilizam vários métodos e tecnologias para examinar o cosmos em busca de evidências de civilizações alienígenas. Aqui estão alguns dos principais projetos do SETI.

O Projeto Ozma foi o primeiro experimento SETI moderno. Ele utilizou um radiotelescópio para examinar as estrelas Tau Ceti e Epsilon Eridani em busca de possíveis sinais extraterrestres. O SETI@home foi um projeto de computação distribuída que utilizou o poder de processamento ocioso dos computadores domésticos. Os voluntários instalaram software em seus computadores pessoais para analisar sinais de rádio em busca de sinais de inteligência extraterrestre. O Allen Telescope Array é uma rede dedicada de radiotelescópios projetada para uma busca contínua e sistemática de sinais extraterrestres. Ele consiste em várias antenas parabólicas pequenas que trabalham juntas para pesquisar grandes áreas do céu. O Breakthrough Listen é o projeto SETI mais abrangente até hoje, com o objetivo de pesquisar um milhão das estrelas mais próximas e 100 galáxias próximas em busca de possíveis sinais. O projeto Fast Radio Burst investiga misteriosas explosões rápidas de rádio detectadas do espaço, que podem fornecer informações sobre fenômenos cósmicos desconhecidos. O Laser SETI é um projeto voltado para a detecção de sinais ópticos de civilizações extraterrestres, explorando a possibilidade de comunicação

interestelar por meio de transmissões a laser.

Apesar das buscas contínuas usando telescópios avançados de rádio e ópticos, os projetos SETI não conseguiram encontrar evidências definitivas de vida extraterrestre inteligente.



Fig. 3.17. Radiotelescópios usados para o SETI

Se existirem várias civilizações extraterrestres, elas podem ter nos visitado ou podem estar nos visitando agora. Nesse caso, que tipo de métodos de viagem espacial eles usariam? Viajar para o espaço usando objetos voadores (foguetes ou OVNI) enfrenta desafios insuperáveis devido ao enorme tamanho do universo. Até mesmo a estrela mais próxima, Proxima Centauri, está a 4,24 anos-luz de distância, exigindo dezenas de milhares de anos para ser alcançada com a tecnologia atual. As grandes distâncias envolvidas tornam impossível explorar até mesmo a nossa galáxia, quanto mais o universo, dentro do tempo de vida humano.

Os possíveis métodos avançados de propulsão podem incluir propulsores warp ou viagens por buracos de minhoca. O warp drive é um conceito teórico para viagens espaciais mais rápidas que a luz, inspirado na relatividade geral de Einstein. Proposto pelo físico Miguel Alcubierre em 1994, o motor de dobra envolve a criação de uma "bolha de dobra" que contrai o espaço na frente de uma espaçonave e expande o espaço atrás dela. Isso permitiria que a espaçonave se

movesse mais rápido do que a luz em relação a observadores externos sem violar as leis da física. O principal desafio é que isso requer matéria exótica com densidade de energia negativa, que ainda não foi descoberta ou criada. Embora promissor na teoria, são necessários avanços científicos e tecnológicos significativos para viabilizar o uso prático de um propulsor warp na exploração espacial.

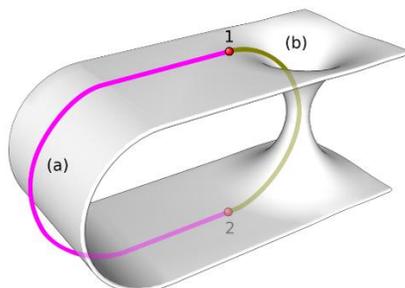


Fig. 3.18. Buraco de minhoca

A viagem espacial por meio de buracos de minhoca é um conceito teórico que envolve atalhos no espaço-tempo que conectam pontos distantes no universo. Previstos pela relatividade geral de Einstein, os buracos de minhoca, ou pontes de Einstein-Rosen, poderiam potencialmente permitir viagens instantâneas por vastas distâncias cósmicas. Para uso prático, um buraco de minhoca atravessável precisaria ser estabilizado, teoricamente exigindo matéria exótica com densidade de energia negativa para evitar o colapso. Apesar de ser um tropo popular de ficção científica, os buracos de minhoca permanecem especulativos, sem nenhuma evidência experimental. Se forem viáveis, eles poderiam revolucionar as viagens espaciais, permitindo a exploração de galáxias distantes e reduzindo o tempo de viagem de anos para meros momentos. Entretanto, são necessários avanços científicos e tecnológicos significativos para tornar esse conceito uma realidade.



Fig. 3.19. Teletransporte

O teletransporte por meio do hiperespaço ou do bulk pode ser outro método para realizar viagens instantâneas por grandes distâncias, contornando o espaço tridimensional convencional. O hiperespaço refere-se a uma dimensão ou série de dimensões adicionais além das familiares três dimensões espaciais e uma dimensão temporal, proporcionando um atalho através da estrutura do universo. Da mesma forma, o bulk é um termo usado em teorias como a cosmologia brane dentro da teoria das cordas, em que nosso universo é imaginado como um 'brane' dentro de um espaço de dimensão superior chamado bulk. Nessas teorias, o teletransporte envolve a movimentação através dessas dimensões superiores para reaparecer instantaneamente em outro local dentro do nosso universo. Estruturas teóricas como o modelo Randall-Sundrum propõem a existência dessas dimensões superiores que poderiam permitir atalhos no espaço-tempo. Se essas dimensões existirem e puderem ser acessadas, talvez seja possível explorá-las para o teletransporte, evitando as restrições da viagem relativística e, possivelmente, viabilizando a viagem mais rápida que a luz.

Se a vida surgir espontaneamente, como supõe a equação de Drake, o número total de civilizações extraterrestres no universo seria de cerca

de 400 bilhões (2 civilizações em cada uma das 200 bilhões de galáxias). A vida na Terra começou há aproximadamente 4 bilhões de anos. Agora, imagine que 1% das civilizações extraterrestres começou 1 milhão de anos antes da nossa e seguiu um caminho evolutivo semelhante. Nesse caso, a civilização deles seria 1 milhão de anos mais avançada do que a nossa. Com um avanço tão significativo, elas podem ter desenvolvido tecnologias avançadas de teletransporte, permitindo que viajem para qualquer lugar do universo com a mesma facilidade com que visitamos nossos vizinhos. Se a população de uma dessas civilizações for de 1 bilhão, o número total de alienígenas seria de um quintilhão ( $10^{18}$ ). Se apenas 1% deles pudesse visitar a Terra por apenas um dia a cada 10 anos, a Terra estaria lotada com cerca de 10 trilhões de alienígenas por dia - 1.000 vezes a população humana atual. No entanto, não observamos nenhuma evidência da presença deles. Como podemos explicar essa aparente contradição?

Esse problema é conhecido como o Paradoxo de Fermi, nomeado em homenagem a Enrico Fermi, que fez a famosa pergunta: "Onde está todo mundo? As respostas podem ser: (i) a suposição (evolução) da Equação de Drake está errada ou (ii) civilizações avançadas podem usar tecnologia indetectável com nossos métodos atuais ou evitar deliberadamente a detecção. Se os extraterrestres não fossem bactérias nem seres invisíveis, sua existência provavelmente já teria sido revelada a nós de alguma forma. Entretanto, o fato de ainda não termos detectado nenhuma evidência de sua existência sugere que a suposição evolucionária da Equação de Drake provavelmente está incorreta.

#### **h. Instintos em organismos vivos e na criação**

Os computadores são compostos por três componentes principais: hardware, software e firmware. O firmware é um software especializado programado na ROM ou UEFI, que fornece controle crítico para um hardware específico e atua como intermediário entre o hardware e o software. Ele é fundamental para a inicialização do

sistema, gerenciando as operações de hardware e garantindo a funcionalidade do dispositivo.

O firmware nos computadores e o instinto nos organismos vivos compartilham uma semelhança fundamental: ambos são sistemas intrínsecos e pré-programados que governam as funções essenciais. O firmware inicializa e gerencia as operações, garantindo o funcionamento adequado desde a inicialização. Da mesma forma, o instinto é um padrão de comportamento natural e inato que orienta as atividades de sobrevivência, como alimentação, acasalamento e fuga do perigo. Ambos os sistemas operam automaticamente, sem a necessidade de informações conscientes, fornecendo orientação fundamental para o funcionamento eficaz e a resposta ambiental. Em essência, o firmware é para os computadores o que o instinto é para os organismos vivos - um sistema incorporado e pré-configurado essencial para a operação e a sobrevivência básicas. Assim como o firmware é incorporado à ROM pelos projetistas de computadores, o instinto é incorporado aos cérebros e sistemas nervosos dos organismos vivos pelo Criador divino. Vou mostrar alguns exemplos de instintos que ilustram esse conceito.

#### i. Construção de ninhos de abelhas-da-maçonaria

No livro de Jean-Henri Fabre "The Mason Bees" (parte do "Book of Insects"), ele descreve o intrincado processo de construção de ninhos das abelhas pedreiras. Essas abelhas selecionam uma superfície plana adequada, geralmente uma pedra, para iniciar sua construção. Elas coletam lama e pequenos seixos, criando meticulosamente células para sua prole. A abelha fêmea carrega pelotas de lama para o local, moldando-as e compactando-as em uma parede celular segura. Em seguida, ela coleta néctar e pólen para abastecer cada célula, colocando um único ovo antes de selá-lo com mais lama. Esse processo é repetido, resultando em uma série de células de lama reforçadas com seixos e bem organizadas, que protegem as larvas em desenvolvimento. As observações de Fabre destacam a precisão e a

diligência notáveis dessas abelhas solitárias.

Ele descreve um experimento em que trocou um ninho inacabado por um completo. A abelha pedreira, ao retornar e encontrar seu ninho inacabado substituído por um completo, apresentou um comportamento interessante. Em vez de retomar o trabalho no novo ninho, a abelha continuou sua construção como se nenhuma mudança tivesse ocorrido. Ela não reconheceu o ninho concluído como seu próprio trabalho e persistiu em suas ações habituais, trazendo lama e continuando a construir.

Esse experimento ilustra a natureza instintiva e programada do comportamento da abelha, impulsionada por uma sequência interna de ações em vez de pistas visuais do estado do ninho.

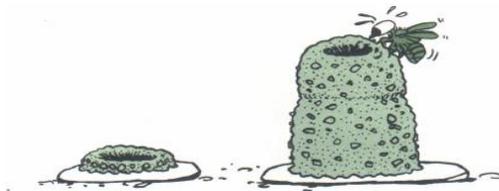


Fig. 3.20. A abelha-mestre constrói o ninho em cima do ninho concluído

Fabre fez o experimento oposto, trocando um ninho de abelha pedreiro concluído por um inacabado. Ele observou que, quando a abelha pedreira retornou ao local e encontrou o ninho concluído substituído por um inacabado, ela não continuou a trabalhar no novo ninho incompleto. Em vez disso, a abelha parecia confusa e passava algum tempo inspecionando o ninho alterado, mas, por fim, não retomava a construção. Ela então passa para a próxima ação de enchê-lo com mel, mesmo que esteja transbordando. Esse comportamento demonstra o forte apego da abelha pedreira ao seu ninho específico e a dificuldade de se adaptar a mudanças inesperadas em seu ambiente. Esse experimento também destaca a natureza instintiva do processo de construção do ninho da abelha pedreira.



Fig. 3.21. A abelha-da-madeira enche o ninho inacabado com mel

Fabre fez outro experimento interessante. A abelha pedreiro enche seu ninho com néctar primeiro e, em seguida, gira 180 graus e tira o pólen das pernas e do corpo. Se ela for perturbada quando estiver prestes a tirar o pó do pólen, ela voa para longe e espera a ameaça passar. Depois de retornar ao ninho, ela recomeça do início. Encha seu ninho com néctar mesmo que não haja nada em seu nectar sag. Esse experimento mostra que as abelhas seguem instintivamente um programa integrado de coleta de néctar, e sua sequência de ações não pode ser alterada.

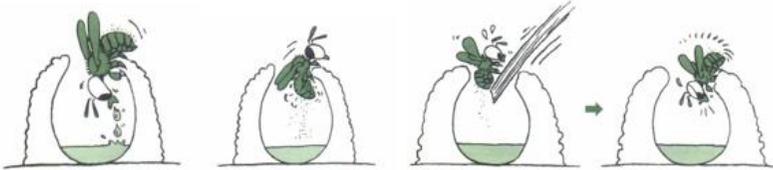


Fig. 3.22. Comportamento da abelha pedreira quando perturbada

Quando a abelha pedreira termina a construção do ninho, ela o enche de néctar e pólen, põe seu ovo nele e, em seguida, sela a parte superior do ninho. Fabre realizou outro experimento: em um ninho, ele colou papel no topo e, em outro, colocou um cone de papel no topo. Ele observou o comportamento das abelhas pedreiro que nasceram. No ninho com papel colado, a abelha usou suas mandíbulas fortes para cortar o topo sem nenhum problema. No ninho com um cone de papel, ela cortou a parte superior, mas não sabia o que fazer em seguida. Esperando ver o céu aberto, ela ficou desorientada com o cone de papel, não tentou perfurá-lo e acabou morrendo.

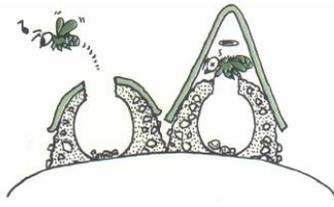


Fig. 3.23. Ninho de abelha colado com papel e coberto com cone de papel

Todos os experimentos acima demonstram a natureza instintiva e programada do comportamento da abelha pedreira, impulsionada por uma sequência interna de ações incorporadas em seu código genético.

## ii. Construção de ninhos de Weaverbirds

O Weaverbird, conhecido por seus ninhos intrincados e elaborados, tece habilmente lâminas de grama e outros materiais vegetais em estruturas complexas, demonstrando notável habilidade artesanal e engenharia instintiva.



Fig. 3.24. Ninho de pássaro tecelão

Eugène Marais, naturalista e poeta sul-africano, realizou experimentos fascinantes com pássaros tecelões para estudar seu comportamento de construção de ninhos e o papel do instinto. O objetivo de Marais era entender se as intrincadas habilidades de construção de ninhos dos tecelões eram puramente instintivas ou se envolviam um comportamento aprendido.

Marais criou weaverbirds isolados de seu ambiente natural para garantir que não fossem expostos a outras aves ou a atividades de construção de ninhos. Ele observou esses pássaros isolados desde a eclosão até a maturidade, garantindo que eles não tivessem oportunidade de aprender com outros tecelões por quatro gerações. Para a quinta geração, Marais forneceu os mesmos materiais que os weaverbirds selvagens usam para a construção de ninhos, como grama e galhos. Apesar de nunca terem visto um ninho ou outros pássaros construindo um, os tecelões isolados começaram a construir ninhos que eram quase idênticos aos construídos por seus colegas selvagens. Eles demonstraram as mesmas técnicas intrincadas de tecelagem, métodos de amarração e estrutura geral. Os ninhos construídos por esses pássaros isolados apresentaram características de design consistentes típicas de suas espécies, indicando que suas habilidades de construção de ninhos eram inatas e não aprendidas por meio de observação ou imitação.

Marais concluiu que o complexo comportamento de construção de ninhos dos pássaros tecelões é motivado pelo instinto. Esse comportamento inato é codificado em seu cérebro e sistema nervoso, permitindo que eles construam ninhos elaborados sem experiência ou aprendizado prévio. Esses comportamentos inatos são projetados propositalmente e transmitidos por gerações por meio do DNA.

### iii. Formação da concha do Nautilus

O nautilus é um molusco marinho conhecido por sua concha bonita e distinta. A forma de sua concha segue uma espiral logarítmica precisa. A formação da concha do náutilo é mais um exemplo notável de instinto, envolvendo uma interação complexa de processos biológicos e químicos que são intrinsecamente coordenados para produzir sua estrutura exclusiva.

O processo começa quando o nautilus ainda é um embrião dentro de um ovo. A concha inicial, chamada de protoconcha, forma-se durante esse estágio. Essa primeira câmara é pequena e fornece a base

para o crescimento subsequente da concha. O manto, um tecido especializado que reveste a concha, secreta camadas de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) na forma de aragonita, uma estrutura cristalina. As células do manto extraem íons de cálcio da água do mar e os combinam com íons de carbonato para formar carbonato de cálcio. O manto também secreta uma matriz orgânica composta de proteínas e polissacarídeos, que serve como base para a deposição de carbonato de cálcio. Essa matriz ajuda a controlar a forma e a orientação dos cristais de aragonita, garantindo a resistência e a durabilidade da concha.



Fig. 3.25. Concha de náutilo mostrando padrão espiral logarítmico

À medida que o nautilus cresce, ele adiciona periodicamente novas câmaras à sua concha. Cada nova câmara é maior do que a anterior, acomodando o tamanho crescente do nautilus. O náutilo avança na concha e sela as câmaras mais antigas com uma parede chamada septo, criando uma série de câmaras interconectadas e progressivamente maiores. Um órgão especializado chamado sifúnculo passa por todas as câmaras da concha. Essa estrutura semelhante a um tubo ajusta o conteúdo de gás e líquido dentro das câmaras. Ao regular os níveis de gás (principalmente nitrogênio) e líquido, o sifúnculo ajuda o náutilo a controlar sua flutuabilidade, permitindo que ele se mova para cima e para baixo na coluna d'água. A camada mais externa da concha, conhecida como perióstraco, é uma camada orgânica que protege as camadas subjacentes de carbonato de cálcio contra a dissolução e danos físicos. Abaixo do perióstraco há camadas de

aragonita, dispostas em uma estrutura nacarada ou prismática, contribuindo para a iridescência e a resistência da concha.

A intrincada coordenação necessária para a secreção de carbonato de cálcio, a formação de câmaras e a regulação da flutuabilidade por meio do sifúnculo indicam um sistema do tipo tudo ou nada que é complexo demais para ter surgido por meio de evolução gradual. A ausência de fósseis de transição claros no registro, juntamente com o fato de o nautilus ser rotulado como um "fóssil vivo", implica um aparecimento repentino e sugere que a formação sofisticada de sua concha aponta para uma criação intencional e não para uma evolução não direcionada. O nautilus não possui conhecimento matemático ou bioquímico; portanto, a formação precisa da forma logarítmica de sua concha, a complexa regulação bioquímica da secreção da concha e a integração perfeita de seu sistema de flutuação não são resultados de processos aleatórios. Em vez disso, essas características sugerem um projeto genético pré-programado que permite que o nautilus construa sua intrincada concha com precisão notável, reforçando a ideia de um projeto intencional em vez de uma evolução não guiada.

## **i. Matemática na natureza e na criação**

"A matemática é a linguagem na qual Deus escreveu o universo". - Galileu Galilei

Os padrões e princípios matemáticos são encontrados em abundância na natureza, incluindo a proporção áurea, o ângulo áureo, a sequência de Fibonacci, a espiral logarítmica e os fractais.

- A proporção áurea, geralmente denotada pela letra grega  $\phi$  ( $=\frac{a+b}{a}=\frac{a}{b}$ ), é um número irracional aproximadamente igual a 1,618. Ocorre quando a proporção de duas quantidades é a mesma que a proporção de sua soma para a maior das duas quantidades.
- Ângulo áureo é o ângulo subtendido por dois raios que dividem

um círculo em dois comprimentos de arco na proporção áurea. É o menor dos dois ângulos ( $\sim 137,5$  graus) criados ao dividir a circunferência de um círculo de acordo com a proporção áurea.

- A sequência de Fibonacci é uma série de números em que cada número é a soma dos dois anteriores, começando em 0 ou 1 (por exemplo, 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, ...).
- A espiral logarítmica é uma curva em espiral autossimilar que aparece com frequência na natureza. Ela é caracterizada pela propriedade de que o ângulo entre a tangente e a linha radial em qualquer ponto é constante.
- Os fractais são padrões complexos que são autossimilares em diferentes escalas. Geralmente são criados pela repetição de um processo simples em um loop de feedback contínuo.

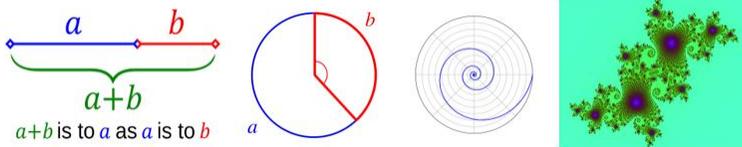


Fig. 3.26. Proporção áurea, ângulo áureo, espiral logarítmica e fractal

Vamos explorar onde esses princípios matemáticos são encontrados na natureza.

A filotaxia é a disposição de folhas, flores ou outras estruturas botânicas em um caule de planta. É um conceito fundamental na botânica e reflete a maneira como as plantas maximizam sua exposição à luz solar e a outros recursos ambientais. A disposição das folhas segue a sequência de Fibonacci, em que o número de folhas em espirais sucessivas é um número de Fibonacci. Os possíveis padrões de filotaxia são  $1/2$ ,  $1/3$ ,  $2/5$ ,  $3/8$ ,  $5/13$ ,  $8/21$ , etc., em que os numeradores e denominadores formam a sequência de Fibonacci.

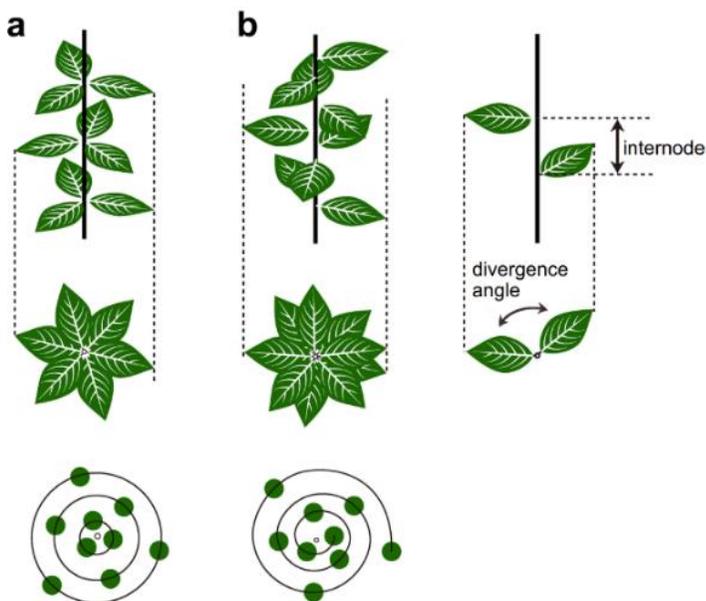


Fig. 3.27. 2/5 de filotaxia (a) e 3/8 de filotaxia (b)

A filotaxia de 3/8 refere-se a um padrão de disposição das folhas em que cada folha é separada da seguinte por três oitavos de uma rotação completa de 360 graus em torno do caule. Isso significa que cada folha sucessiva é posicionada em um ângulo de  $\frac{3}{8} \times 360 = 135$  graus (chamado de ângulo de divergência) em relação à anterior. O ângulo de divergência converge para o ângulo áureo de 137,5 graus em plantas com um grande número de folhas. Essa divergência fracionária ajuda a distribuir as folhas de forma a maximizar a exposição à luz solar e minimizar a sobreposição e a sombra, garantindo que cada folha receba luz e ar adequados. O espaçamento adequado permite a distribuição ideal de água e nutrientes por toda a planta.

Padrões semelhantes também podem ser encontrados em muitas flores. Por exemplo, o número de folhas, ramos e pétalas da espirradeira formam números de Fibonacci consecutivos. 1, 1, 2, 3, 5, 8 para as folhas, 1, 2, 3, 5, 8, 13 para os galhos e 5, 8 ou 8, 13 para as pétalas.

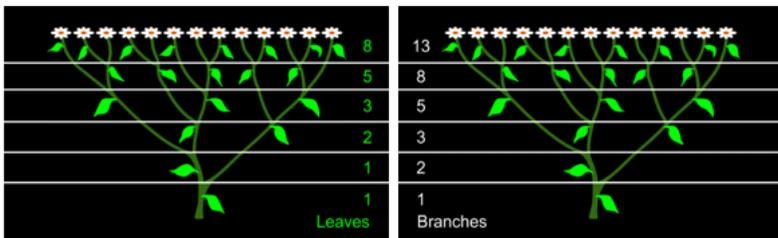


Fig. 3.28. Folhas e ramos da espirradeira

Não apenas as folhas, mas também os brotos, os frutos e as sementes de uma planta são regidos pela sequência de Fibonacci e pelo ângulo de ouro.

O padrão de brotação do abeto norueguês segue os princípios da sequência de Fibonacci e do ângulo de ouro. Cada novo broto surge em um ângulo de aproximadamente 137,5 graus (ângulo de ouro) em relação ao anterior. Como resultado, os galhos se formam em um padrão espiralado ao redor do tronco, alinhando-se com os números de Fibonacci em sua distribuição. Esse padrão natural aumenta a capacidade da árvore de coletar eficientemente a luz solar, a água e os nutrientes, apoiando seu crescimento e sua saúde.

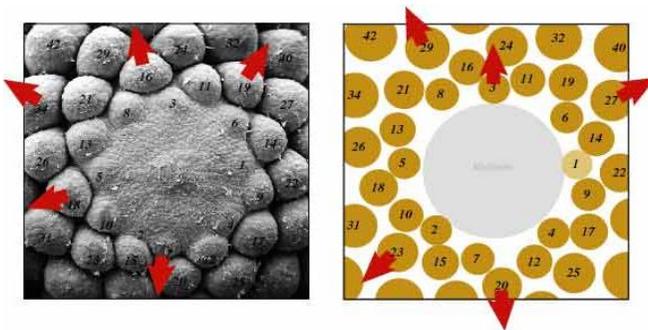


Fig. 3.29. Padrão de brotação do abeto norueguês

A margarida também apresenta o padrão de Fibonacci e o ângulo de ouro em seu arranjo floral. As pétalas e sementes da flor se alinham em espirais que seguem a sequência de Fibonacci, em que o número

de espirais em cada direção normalmente corresponde a números de Fibonacci sucessivos, como 21 e 34. Além disso, o ângulo de divergência entre pétalas ou sementes sucessivas é aproximadamente o ângulo de ouro. Se a espiral for enrolada em um ângulo de ouro, ela formará uma espiral logarítmica. Se os floretes de uma margarida formarem uma espiral logarítmica, eles manterão sua forma à medida que crescerem. Uma espiral logarítmica é autossimilar, o que significa que a forma da espiral permanece consistente mesmo quando ela se expande. As propriedades inerentes da espiral logarítmica permitem que a margarida mantenha sua estrutura geométrica geral durante todo o seu crescimento.

Padrões semelhantes são encontrados em pinhas, couve-flor e brócolis Romanesco. As escamas de uma pinha são intrincadamente dispostas em espirais que seguem os números de Fibonacci, geralmente exibindo 8 espirais em uma direção e 13 na direção oposta, com cada escama cuidadosamente posicionada aproximadamente no ângulo de ouro. Da mesma forma, os floretes da couve-flor são enrolados em 5 espirais em uma direção e 8 na outra, refletindo a mesma sequência numérica. No brócolis Romanesco, os floretes são dispostos em 13 espirais em uma direção e 21 na outra.

Os números de Fibonacci nos abacaxis podem ser encontrados na disposição de seus olhos. Esses olhos são organizados em espirais que seguem os números de Fibonacci, geralmente formando três conjuntos distintos de espirais. Em geral, é possível encontrar 8 espirais ascendentes em uma direção, 13 na direção oposta e, às vezes, 21 em outra, cada conjunto alinhado com números de Fibonacci consecutivos. Esse padrão garante uma embalagem eficiente e maximiza a integridade estrutural da fruta. O arranjo permite que o abacaxi cresça uniformemente e distribua os nutrientes de forma homogênea, demonstrando a aplicação natural das sequências de Fibonacci no crescimento e desenvolvimento das plantas.

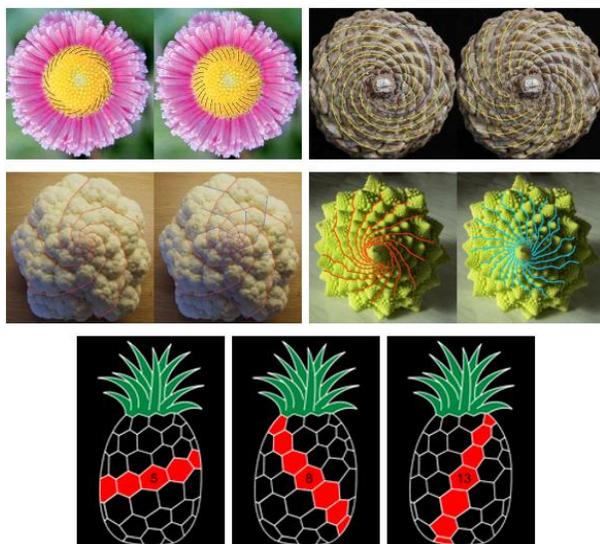


Fig. 3.30. Sequência de Fibonacci e espiral logarítmica encontradas em plantas

A curva de crescimento que segue uma espiral logarítmica pode ser encontrada não apenas em plantas, mas também em seres humanos e outros animais. Os exemplos incluem o pavilhão auricular humano, a cóclea no ouvido, os dedos humanos, a cauda de um cavalo-marinho, os chifres de uma cabra montesa e as conchas de vários caracóis, incluindo o nautilus. Se esses padrões de crescimento não seguissem uma espiral logarítmica, eles não conseguiriam manter seu formato característico à medida que continuassem a crescer, perdendo, por fim, sua funcionalidade distinta e integridade estrutural exclusiva.

Por exemplo, se o padrão de crescimento da cóclea não seguisse uma espiral logarítmica, isso afetaria significativamente sua capacidade de processar o som com eficiência. A espiral logarítmica permite que um gradiente de frequências seja detectado ao longo de seu comprimento, com altas frequências na base e baixas frequências no ápice. Os desvios desse padrão podem resultar em um espaçamento desigual das áreas de detecção de frequência, o que leva à deficiência auditiva ou à dificuldade de distinguir entre diferentes frequências

sonoras. Esse arranjo preciso é essencial para a função da cóclea de converter ondas sonoras em sinais neurais, permitindo uma percepção auditiva precisa.



Fig. 3.31. Cóclea, orelha, cavalo-marinho e osso da mão

Muitos padrões fractais podem ser encontrados na natureza, incluindo os padrões de ramificação de samambaias e árvores, a estrutura das folhas da samambaia, a disposição dos floretes na couve-flor, brócolis e brócolis Romanesco, os sistemas de raízes de muitas plantas e as pinhas.



Fig. 3.32. Fractais encontrados na samambaia e no brócolis romanesco

Os padrões fractais também estão presentes nos sistemas biológicos. A ramificação dos vasos sanguíneos, desde as grandes artérias até os menores capilares, segue padrões fractais. A estrutura fractal maximiza a área de superfície para a troca de nutrientes e gases e, ao mesmo tempo, minimiza a energia necessária para bombear o sangue pelo corpo. A ramificação fractal garante que cada célula seja

suficientemente suprida com oxigênio e nutrientes. Além disso, a natureza fractal dos vasos sanguíneos contribui para sua robustez e adaptabilidade. Os padrões de repetição podem se adaptar facilmente ao crescimento e ao reparo, mantendo a circulação eficiente apesar de alterações ou danos.

Os sistemas respiratórios humanos também têm padrões fractais. A estrutura do pulmão compreende a traqueia que se ramifica em brônquios, que por sua vez se dividem em bronquíolos menores, culminando em alvéolos onde ocorre a troca gasosa. Cada divisão mantém padrões fractais. Essa arquitetura fractal maximiza a área de superfície, que é tão grande quanto o tamanho de uma quadra de tênis, para a troca gasosa, ao mesmo tempo em que minimiza o volume ocupado pelos pulmões. Seguindo um padrão fractal, os pulmões podem fornecer oxigênio de forma eficiente à corrente sanguínea e expelir dióxido de carbono, otimizando a função respiratória.

A presença de padrões matemáticos como o ângulo de ouro, a sequência de Fibonacci e os fractais na natureza e nos sistemas biológicos desafia a ideia de mutações aleatórias e seleção natural. O espaçamento ideal do ângulo de ouro para as folhas e a eficiência da sequência de Fibonacci no arranjo de sementes, por exemplo, sugerem um projeto intencional para maximizar a utilização de recursos. A complexidade autossimilar dos fractais em estruturas como vasos sanguíneos e raízes de plantas indica um nível sofisticado de organização que não pode ser alcançado por processos aleatórios. A complexidade, a precisão e a presença universal dessas estruturas apontam para um projeto inteligente predeterminado em vez de um processo evolutivo não direcionado.

## 4. Convite para o Evangelho

"Quando considero os teus céus, obra dos teus dedos, a lua e as estrelas que estabeleceste,

o que é a humanidade para que você se lembre dela, os seres humanos para que você se preocupe com eles?

Você os fez um pouco mais baixos do que os anjos e os coroou com glória e honra.

Você os fez governantes sobre as obras de suas mãos; você colocou tudo sob seus pés:

todos os rebanhos e manadas, e os animais selvagens,  
as aves do céu, e os peixes do mar, e todos os que nadam pelas veredas dos mares.

Senhor, Senhor nosso, quão majestoso é o teu nome em toda a terra!" (Salmo 8:3-9)

Os versículos bíblicos acima refletem lindamente a admiração e a maravilha da criação, reconhecendo a majestade dos céus e o design intrincado do universo como evidência do Criador. Nesses versículos, o salmista se maravilha com a lua, as estrelas e a vasta extensão do céu, que Deus estabeleceu, reconhecendo o ato deliberado e intencional da criação. O criacionismo se baseia nesse sentimento de admiração, afirmando que a complexidade e a ordem observadas na natureza não são produtos do acaso, mas do projeto intencional do Criador divino. A reflexão do salmista sobre a pequenez da humanidade em comparação com a grandeza do cosmos destaca a crença de que, apesar da vastidão do universo, Deus escolheu nos coroar com glória e honra, dando-nos domínio sobre as obras de Suas mãos. Esse profundo relacionamento entre Deus e a humanidade aponta para Seu profundo amor por nós e Seu desejo de que vivamos em comunhão com Ele.

Neste capítulo, gostaria de apresentar o evangelho, que revela como o amor e o desejo de Deus de ter comunhão conosco são cumpridos por meio de Jesus Cristo, oferecendo-nos a oportunidade de nos

reconciliarmos com Ele e de vivermos na plenitude de Sua graça. Para aqueles que ainda lutam para acreditar na existência de Deus conforme revelado no universo e em toda a criação, também gostaria de apresentar a Aposta de Pascal.

Blaise Pascal foi um filósofo, matemático, físico e escritor francês do século XVII, famoso por suas reflexões filosóficas sobre a natureza humana e a fé, especialmente em sua obra "Pensées". Ele apresentou um argumento filosófico sobre a existência de Deus chamado Pascal's Wager (Aposta de Pascal). Pascal argumenta que é uma decisão racional viver como se Deus existisse porque, se Deus existir, o crente ganha a felicidade eterna, enquanto que, se Deus não existir, a perda é insignificante. Por outro lado, se alguém vive como se Deus não existisse e está errado, a perda potencial é imensa, incluindo o sofrimento eterno, enquanto o ganho, se estiver correto, é mínimo. Portanto, Pascal conclui que acreditar em Deus é a "aposta" mais segura e mais benéfica.

	Deus existe	Deus não existe
Acreditar em Deus	Alegria eterna (céu)	Nada acontece
Não acreditar em Deus	Sofrimento eterno (inferno)	Nada acontece

Tabela 4.1. Aposta de Pascal

Até agora, tivemos uma extensa discussão sobre a criação e a evolução, reconhecendo a existência de Deus. Se você reconhece essa verdade, então a Aposta de Pascal apresenta duas escolhas claras: alegria eterna (céu) ou sofrimento eterno (inferno). Todos desejam escolher a primeira opção, e ninguém quer escolher a segunda. Nesse estágio, você pode duvidar da existência do céu, mas o céu realmente existe. Em 2 Coríntios, o Apóstolo Paulo compartilha uma experiência profunda e misteriosa que fornece um vislumbre da existência do céu. Ele escreve:

"Conheço um homem em Cristo que, há quatorze anos, foi arrebatado ao terceiro céu. Se foi no corpo ou fora do corpo, não sei - Deus sabe. E sei que esse homem - no corpo ou fora do corpo, não sei, mas Deus sabe - foi arrebatado ao paraíso e ouviu coisas inexprimíveis, coisas que a ninguém é permitido contar." (2 Coríntios 12:2-4)

O relato de Paulo sugere que o céu, ou o "terceiro céu", é um reino de beleza indescritível e presença divina, distinto de nossa experiência terrena. Esse "terceiro céu" é considerado a parte mais elevada do céu, um lugar de realidade espiritual suprema e comunhão com Deus. As "coisas inexprimíveis" que Paulo ouviu lá indicam que as experiências e verdades do céu estão além da compreensão e da linguagem humanas.

Essa passagem assegura aos crentes a realidade do céu e sua natureza profunda e transcendente, oferecendo esperança e uma promessa dos mistérios divinos que nos aguardam além de nossa existência terrena. A visão de Paulo serve como um poderoso testemunho da existência de um paraíso celestial, um lugar preparado por Deus para aqueles que O amam.

O céu está aberto a todos que acreditam em Jesus Cristo. Jesus Cristo veio à Terra para salvar a humanidade do pecado. Jesus é uma figura histórica. Nossa história é dividida em A.C. (Antes de Cristo) e A.D. (Anno Domini, que em latim significa "no ano de nosso SENHOR"). Conforme escrito nos quatro livros dos Evangelhos, Jesus realizou vários milagres durante Seu ministério, demonstrando Seu poder divino e compaixão. Ele curou os doentes, como curar um leproso (Mateus 8:1-4) e restaurar a visão de um cego (João 9:1-7). Ele também realizou milagres na natureza, inclusive acalmando uma tempestade (Marcos 4:35-41) e andando sobre a água (Mateus 14:22-33). Além disso, Jesus ressuscitou os mortos, principalmente Lázaro (João 11:1-44), e multiplicou pães e peixes para alimentar milhares de pessoas (Mateus 14:13-21). Esses milagres afirmaram Sua identidade como o Filho de Deus e trouxeram esperança e fé a muitos.

Se quiser acreditar em Jesus e buscar a certeza de ir para o céu, você pode seguir estas etapas com base nos princípios fundamentais da fé cristã:

Reconheça que você é um pecador que precisa do perdão de Deus. O pecado inclui blasfêmia, orgulho, ganância, luxúria, ira, idolatria, adultério, roubo, mentira, engano, ódio, jogos de azar, embriaguez, abuso de drogas e muito mais - ninguém está isento dele. Esse pecado rompeu nossa comunhão com Deus, criando um abismo entre nós e Ele. A Bíblia diz,

"Porque todos pecaram e estão destituídos da glória de Deus" (Romanos 3:23).

Tenha fé que Jesus Cristo é o Filho de Deus que morreu por seus pecados e ressuscitou.

"Porque Deus amou o mundo de tal maneira que deu o seu Filho unigênito, para que todo aquele que nele crê não pereça, mas tenha a vida eterna." (João 3:16)

Confesse seus pecados a Deus e se afaste deles.

"Se confessarmos os nossos pecados, ele é fiel e justo, e nos perdoará os pecados e nos purificará de toda injustiça." (1 João 1:9)

Convide Jesus para entrar em sua vida e ser seu Salvador e SENHOR. Isso significa confiar Nele para sua salvação e comprometer-se a segui-Lo.

"Mas a todos os que o receberam, aos que creram no seu nome, deu-lhes o direito de se tornarem filhos de Deus." (João 1:12)

Aqui está uma oração simples que você pode fazer para expressar sua fé e seu compromisso com Jesus:

"Apresento-me diante do Senhor, reconhecendo meus pecados e a necessidade de Sua graça. Acredito que Jesus morreu por meus pecados e ressuscitou para me dar uma nova vida. Eu O aceito como meu SENHOR e Salvador, entregando meu coração e minha vida ao Senhor. Por favor, perdoe-me, purifique-me e guie-me pelo Seu Espírito. Ajude-me a viver fielmente, caminhando em Seu amor e propósito. Obrigado por sua misericórdia e salvação. Em nome de Jesus, amém."

Depois de aceitar Jesus, é importante crescer em sua nova fé. Leia a Bíblia regularmente, ore e encontre uma igreja local onde você possa fazer parte de uma comunidade de fiéis que o apoiará e incentivará.

Demonstre sua fé por meio de suas ações, amando os outros, compartilhando sua fé e vivendo de acordo com os ensinamentos de Jesus.

"Nisto conhecerão todos que sois meus discípulos, se vos amardes uns aos outros." (João 13:35)

Acreditar em Jesus e entregar sua vida a Ele é o fundamento da fé cristã e o caminho para a vida eterna no céu.

"Creia no Senhor Jesus e você será salvo - você e sua família!" (Atos 16:31)

## Agradecimentos

Gostaria de expressar minha sincera gratidão ao Rev. Hwan-Chull Park, da Bridge Church, que leu cuidadosamente todo o rascunho e fez revisões meticulosas e os acréscimos necessários.

Também sou profundamente grato ao Rev. Yong-Cheol Kim, ao Rev. Jong-Kug Kim, ao Missionário Kyoung Kim e à Sra. Hyun-Ah Kim por inspirarem a publicação deste livro por meio de muitas conversas sobre a Bíblia e a astronomia.

Além disso, agradeço sinceramente ao Dr. e ao Rev. Jun-Sub Im da BLOO-gene Korean Church em Charlottesville, ao Dr. Kyoung-Joo Choi da Arcturus Therapeutics e ao Dr. Chi-Hoon Park do Korea Research Institute of Chemical Technology por lerem o manuscrito e fornecerem comentários valiosos.

Um agradecimento especial aos meus filhos, Samuel e Daniel, por sua ajuda com o trabalho de imagem.

No final do século XIX e início do século XX, aproximadamente 150 a 200 missionários americanos chegaram à Coreia, estabelecendo a base para o evangelismo cristão, a educação e as missões médicas. Seus esforços desempenharam um papel fundamental na divulgação do evangelho em todo o país e, por fim, impactaram minha vida também. Pela graça de Jesus, recebi a salvação e me tornei membro da família da fé. Gostaria de aproveitar esta oportunidade para expressar minha sincera gratidão por sua dedicação e serviço.

**Toda a glória a Deus!**

## Crédito da imagem

### 1. A criação do universo

Fig. 1.1: NASA/JPL, Fig. 1.2: Equipe do Hubble Heritage, Fig. 1.3: R. Hurt/JPL-Caltech/NASA, Fig. 1.4: Hubble/NASA/ESA, Fig. 1.5: Wikipedia/R. Powell, Fig. 1.6: Wikimedia/D. Leinweber, Fig. 1.7: NASA/CXC/M. Weiss(esquerda), NASA/D. Berry (direita), Fig. 1.8: Stellarium, Fig. 1.9: Physics Forums, Fig. 1.10: NASA/JPL-Caltech (esquerda), A. Sarangi, 2018, SSR, 214, 63 (direita), Fig. 1.11: Wikimedia/ALMA (ESO/NAOJ/NRAO) (esquerda), T. Müller (HdA/MPIA)/G. Perotti (Colaboração MINDS)/M. Benisty (direita), Fig. 1.12: TASA Graphic Arts, Inc., Fig. 1.14: Jon Therkildsen, Fig. 1.15: www.neot-kedumim.org.il

### 2. A obra-prima de Deus, a Terra

Fig. 2.1: R. Narasimha, Fig. 2.3: NASA, Fig. 2.4: NASA/Goddard/Aaron Kaase , Fig. 2.6: Wikimedia, Fig. 2.7: Linda Martel, Fig. 2.8: Wikimedia, Fig. 2.9: NASA/ESA/H. Weaver & E. Smith (esquerda), Equipe do Cometa NASA/HST (direita), Fig. 2.10: Wikimedia/M. Bitton, Fig. 2.11: Wikimedia/John Garrett, Fig. 2.12: Ministério das Relações Exteriores e da Commonwealth do Reino Unido, Fig. 2.13: Wikipedia, Fig. 2.16: Wikipedia/G. Taylor, Fig. 2.17: NASA/Caltech

### 3. Criação ou evolução?

Fig. 3.1: Wikipedia/Yassine Mrabet, Fig. 3.2: OpenEd/Christine Miller , Fig. 3.3: Wikipedia/LadyofHats, Fig. 3.4: Wikipedia/Messer Woland & Szczepan (esquerda), Wikipedia/LadyofHats (direita), Fig. 3.5: J.E. Duncan & S.B. Goldstein, Fig. 3.6: Wikipedia/Fiona 126, Fig. 3.7: NASA, Fig. 3.8: R. Cui, Fig. 3.9: Wikipedia/Ansgar Walk, Fig. 3.10: The Whisker Chronicles, Fig. 3.11: Encyclopedia Britanica Inc., Fig. 3.12: Wikipedia, Fig. 3.13: Wikipedia/LadyofHats, Fig. 3.14: Wikipedia/J.J. Corneveaux, Fig. 3.15: Smithsonian Institution, Fig. 3.17: NRAO/AUI/NSF (esquerda), Wikipedia/Colby Gutierrez-Kraybill (direita), Fig. 3.18: Wikipedia/MikeRun, Fig. 3.20 - Fig. 3.23: Shueisha, Inc./Obara Takuya, Fig. 3.24: Wikipedia/Pinakpani, Fig. 3.25: Wikipedia/Dicklyon, Fig. 3.26: Wikipedia/Stannered (1<sup>st</sup>img), Dicklyon (2<sup>nd</sup>img), Morn the Gom (3<sup>rd</sup>img),

Equor (4<sup>th</sup>img), Fig. 3.27: M. Kitazawa/J. Plant Res., Fig. 3.28: S.R. Rahaman, Fig. 3.30: Jill Britton (abacaxi), Fig. 3.32: Wikipedia/Farry (esquerda), Wikimedia/Ivar Leidus (direita).

## Referências

### 1. A criação do universo

- 제자원 (2002), Oxford Bible Encyclopedia, *Bible Textbook Co.*,  
Gênesis Cap. 1-11.
- Outro universo existia antes do Big Bang? 우주먼지의 현자타임즈,  
2/24/2024, <https://www.youtube.com/watch?v=RckLkaVzFe0>
- Um grande anel no céu: 243ª conferência de imprensa da AAS.  
Alexia M. Lopez, 1/11/2024,  
<https://www.youtube.com/watch?v=fwRJGalcX6A>
- Bogdan, A., et al. (2024), 'Evidence for heavy-seed origin of early  
supermassive black holes from a  $z \approx 10$  X-ray quasar', *Nature  
Astronomy*, 8, 126.
- Bonanno, A., & Fröhlich, H.-E. (2015), 'A Bayesian estimation of the  
helioseismic solar age', *Astronomy & Astrophysics*, 580, A130.
- Karim, M. T., & Mamajek, E. E. (2017), 'Revised geometric estimates  
of the North Galactic Pole and the sun's height above the Galactic  
mid-plane', *MNRAS*, 465, 472.
- Lopez, A. M., et al. (2022), 'Giant Arc on the sky', *MNRAS*, 516, 1557.
- Lopez, A. M., Clowes, R. G., & Williger, G. M. (2024), 'A Big Ring on  
the Sky', *JCAP*, 07, 55.
- Lyra, W., et al. (2023), 'An Analytical Theory for the Growth from  
Planetesimals to Planets by Polydisperse Pebble Accretion', *The  
Astrophysical Journal*, 946, 60.
- Penrose, R. (2016), *The Emperor's New Mind*, Oxford University  
Press, Oxford, Reino Unido.
- Perotti, G., et al. (2023), 'Water in the terrestrial planet- forming  
zone of the PDS 70 disk', *Nature*, 620, 516.
- Sandor, Zs., et al. (2024), 'Planetesimal and planet formation in  
transient dust traps', *Astronomy & Astrophysics*, no prelo.
- Schiller, M., et al. (2020), 'Iron isotope evidence for very rapid  
accretion and differentiation of the proto-earth', *Science  
Advances*, 6, 7.

- Tonelli, G. (2019), *Genesis: A história de como tudo começou*, Farrar, Straus and Giroux, Nova York, pp. 19-44
- Tryon, E. P. (1973), 'Is the Universe a vacuum fluctuation', *Nature*, 246, 396.
- Vorobyov, E. I., et al. (2024), 'Dust growth and pebble formation in the initial stages of protoplanetary disk evolution', *Astronomy & Astrophysics*, 683, A202.
- Yi, S., et al. (2001), 'Toward Better Age Estimates for Stellar Populations: The Y2 Isochrones for Solar Mixture', *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 136, 417.

## 2. A obra-prima de Deus, a Terra

- Comins, N. F. (1993), *What If the Moon Didn't Exist?* HarperCollins Publishers Inc., Nova York, NY.
- Gonzalez, G. & Richards, J. W. (2004), *The privileged planet: How Our Place in the Cosmos Is Designed for Discovery*, Regnery Publishing, Inc.
- Lineweaver, C. H., et al. (2004), 'The Galactic Habitable Zone and the Age Distribution of Complex Life in the Milky Way', *Science*, 303 (5654), 59.
- Lüthi, D. et al. (2008), 'High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000 - 800,000 years before present', *Nature*, 453, 379.
- Narasimha, R., et al. (2023), 'Making Habitable Worlds: Planets Versus Megastructures', *arXiv:2309.06562*.
- OpenAI. (2024), *ChatGPT (4o)* [Modelo de linguagem grande], <https://chatgpt.com>
- Ward, Peter D. & Brownlee, Donald (2000), *Rare Earth: Why Complex Life is Uncommon in the Universe*, Copernicus Books (Springer Verlag).

## 3. Criação ou evolução?

- Abelson, P. H. (1966), 'Chemical Events on the Primitive Earth', *Proc*

- Nat Acad Sci*, 55, 1365.
- Behe, M. J. (2006). *A caixa preta de Darwin: The biochemical challenge to evolution*. Free Press.
- Behe, M. J. (2020). *Darwin devolve: The new science about DNA that challenges evolution [A nova ciência sobre o DNA que desafia a evolução]*. HarperOne.
- Bernhardt, H. S. (2012), 'The RNA world hypothesis: the worst theory of the early evolution of life (except for all the others)', *Biology Direct*, 7, Article number: 23.
- Chyba, C. F., & Sagan, C. (1992), 'Endogenous production, exogenous delivery and impact-shock synthesis of organic molecules: An inventory for the origins of life'. *Nature*, 355, 125.
- Cui, R., 'The transcription network in skin tanning: from p53 to microphthalmia' (A rede de transcrição no bronzeamento da pele: do p53 à microftalmia), <https://www.abcam.com/index.html?pageconfig=resource&rid=11180&pid=10026>
- Dembski, W. A., & Ewert, W. (2023). *The design inference: Eliminando o acaso por meio de pequenas probabilidades*. Discovery Institute.
- Danielson, M. (2020), 'Simultaneous Determination of L- and D- Amino Acids in Proteins' (Determinação simultânea de L- e D- Aminoácidos em proteínas), *Foods*, 9 (3), 309.
- Fabre, J.-H. (2015), *The Mason -Bees (Biblioteca perfeita)*, CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Higgins, M. (2014), 'Bear evolution 101', *The Whisker Chronicles*, <https://thewhiskerchronicles.com/2014/01/03/bear-evolution-101/>
- Kasting, J. F. (1993). Earth's Early Atmosphere" (A Atmosfera Primitiva da Terra). *Science*, 259(5097), 920.
- Maslin, M. (2016), 'Forty years of linking orbits to ice ages', *Nature*, 540 (7632), 208.
- Miller, S. L. (1953), 'A Production of Amino Acids under Possible

- Primitive Earth Conditions', *Science*, 117, 528
- Mumma, M. M., et al. (1996), 'Detection of Abundant Ethane and Methane, Along with Carbon Monoxide and Water, in Comet C/1996 B2 Hyakutake: Evidence for Interstellar Origin', *Science*, 272 (5266), 1310.
- OpenAI. (2024), *ChatGPT* (4o) [Modelo de linguagem grande], <https://chatgpt.com>
- Park, Chi Hoon (2024), 'Stop codon points to GOD' (O códon de parada aponta para DEUS), Anais do 20º Simpósio KRAID de Aniversário
- Pinto, J. P., Gladstone, G. R., & Yung, Y. L. (1980), 'Photochemical Production of Formaldehyde in Earth's Primitive Atmosphere', *Science*, 210, 183.
- Pinto, O. H., et al. (2022), 'A Survey of CO, CO<sub>2</sub>, and H<sub>2</sub>O in Comets and Centaurs', *Planet. Sci. J.*, 3, 247.
- Russo, D., et al. (2016), 'Emerging trends and a comet taxonomy based on the volatile chemistry measured in thirty comets with high resolution infrared spectroscopy between 1997 and 2013', *Icarus*, 278, 301.
- Sanjuán, R., Moya, A., & Elena, S. F. (2004), 'The distribution of fitness effects caused by single-nucleotide substitutions in an RNA virus', *Proc Natl Acad Sci*, 101(22), 8396.
- Trail, D., et al. (2011), 'The oxidation state of Hadean magmas and implications for early Earth's atmosphere', *Nature*, 480, 79.
- Urey, H. C. (1952). On the Early Chemical History of the Earth and the Origin of Life (Sobre a história química inicial da Terra e a origem da vida). *Proc Natl Acad Sci*, 38(4), 351.
- Wikipédia, Mutação (Distribui o dos efeitos de aptidão).
- Wikipédia, Fototransdu o visual.
- Yang, P.-K. (2016), 'How does Planck's constant influence the macroscopic world?' (Como a constante de Planck influencia o mundo macroscópico?), *Eur. J. Phys.*, 37, 055406.
- Zahnle, K. J. (1986), 'Photochemistry of methane and the formation

of hydrocyanic acid (HCN) in the Earth's early atmosphere', *J. Geophys Res*, 91, 2819.

## Sobre o autor

O Dr. Dongchan Kim obteve seu B.S. em Astronomia pela Universidade Yonsei em Seul, Coreia, e seu Ph.D. em Astronomia pela Universidade do Havai. Depois de concluir seus estudos de doutorado, ele se dedicou à pesquisa astronômica em várias instituições, incluindo o Jet Propulsion Laboratory/Caltech da NASA, a Seoul National University e a University of Virginia.

A pesquisa do Dr. Kim se concentra em galáxias infravermelhas luminosas (LIRGs), galáxias infravermelhas ultraluminosas (ULIRGs), quasares e buracos negros supermassivos em recuo.

Ele é afiliado ao National Radio Astronomy Observatory em Charlottesville, Virgínia, EUA.

A versão em inglês desse livro foi publicada com o título '**DIVINE GENESIS: Exploring Creation through Astronomy and Biology**' na Amazon USA. A versão em PDF deste livro, juntamente com traduções em vários idiomas, pode ser baixada em [divine-genesis.org](http://divine-genesis.org).