

Licença



Este trabalho está licenciado sob uma licença [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/). Fonte:

<https://livros.unb.br/index.php/portal/catalog/book/622>. Acesso em: 10 jan. 2025.

Referência

TEIXEIRA, Antonio. **Nossa origem subatômica**: epopeia de células primevas. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2025. *E-book* (376 p., il.). Disponível em:

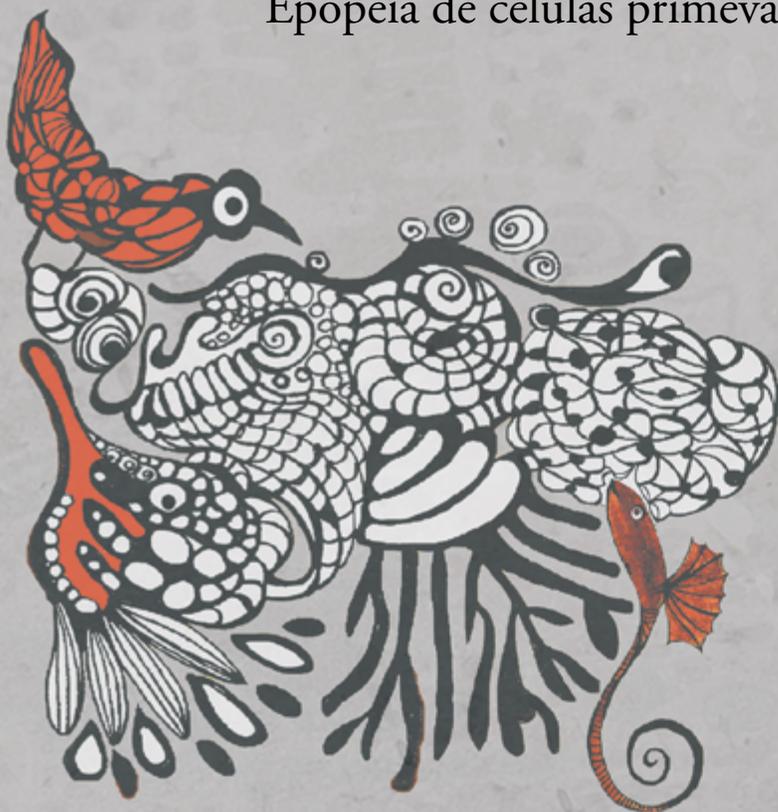
<https://livros.unb.br/index.php/portal/catalog/book/622>. Acesso em: 10 jan. 2025.



Antonio Teixeira

NOSSA ORIGEM SUBATÔMICA

Épopéia de células primevas



EDITORA



UnB



Universidade de Brasília

Reitora
Vice-Reitor

Márcia Abrahão Moura
Enrique Huelva

EDITORA



UnB

Diretora
Conselho editorial

Germana Henriques Pereira
Germana Henriques Pereira (Presidente)
Ana Flávia Magalhães Pinto
Andrey Rosenthal Schlee
César Lignelli
Fernando César Lima Leite
Gabriela Neves Delgado
Guilherme Sales Soares de Azevedo Melo
Liliane de Almeida Maia
Mônica Celeida Rabelo Nogueira
Roberto Brandão Cavalcanti
Sely Maria de Souza Costa

Antonio Teixeira

NOSSA ORIGEM SUBATÔMICA

Epopéia de células primevas

EDITORA



UnB

Coordenação de produção editorial
Assistência editorial

Revisão

Ilustrações de capa e de miolo

Equipe editorial

Marília Carolina de Moraes Florindo
Gabriela Ziegler Saraiva,
Jade Luísa Martins Barbalho e Emily Dias
Jeane Pedrozo
Angela Teixeira

© 2021 Editora Universidade de Brasília

Direitos exclusivos para esta edição:
Editora Universidade de Brasília
Centro de Vivência, Bloco A – 2ª etapa, 1º andar
Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília/DF
CEP: 70910-900
Telefone: (61) 3107-3700
www.editora.unb.br
contatoeditora@unb.br

Todos os direitos reservados.
Nenhuma parte desta publicação poderá ser
armazenada ou reproduzida por qualquer meio
sem a autorização por escrito da Editora.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade de Brasília – BCE/UnB)

T266n Teixeira, Antonio.
 Nossa origem subatômica [recurso eletrônico]
 : epopeia de células primevas / Antonio
 Teixeira. – Brasília : Editora Universidade de
 Brasília, 2025.
 376 p.

 Formato PDF.
 Inclui bibliografia.
 ISBN 978-65-5846-252-1.

1. Vida - Origem. 2. Biologia. I. Título.

CDU 57

Aos professores-educadores-pesquisadores que cuidaram de alunos inteligentes e curiosos sobre sua própria existência e do fenômeno natural de seleção de dois gametas que dão origem ao embrião que inicia a vida. Lembrança de todos que ensinaram a beleza dos conhecimentos e a base científica da hereditariedade, da biodiversidade, da heterose social e composição da cultura da população brasileira, sem jamais utilizar método coercitivo ou impositivo.



AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Leonardo Sena Gomes Teixeira, do Departamento de Química da Universidade Federal da Bahia, pela leitura crítica dos capítulos deste livro. O conhecimento nas áreas de física e química confirma a dança das partículas subatômicas energizadas na orquestração dos fenômenos biológicos que deram origem às moléculas, aos microrganismos e às células dos seres vivos, animais e vegetais. Os agradecimentos estendem-se a Regina Coelho, Júlia Lozzi, Mariana Lozzi, Rafael Nogueira e todos de minha família que contribuíram com argumentos e apoio para prosseguir.



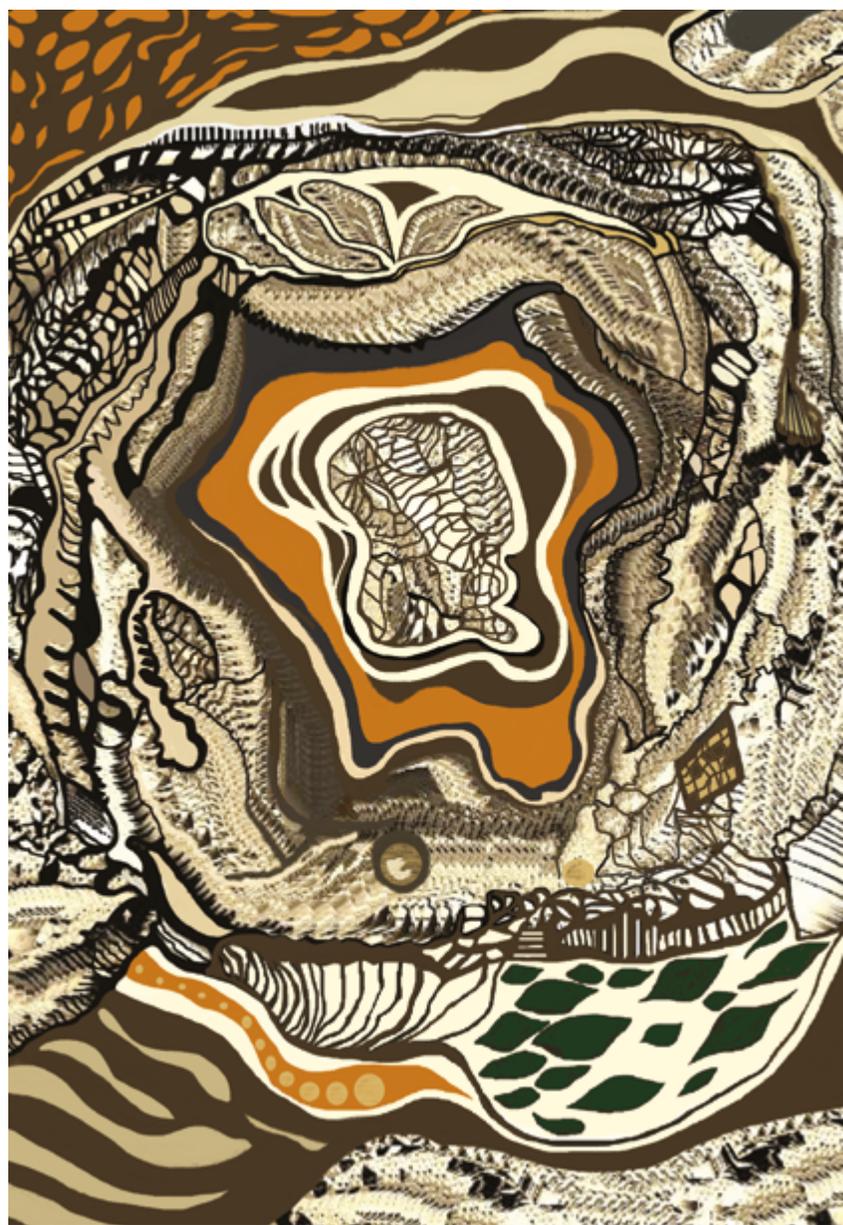
SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| PREFÁCIO..... | 13 |
| APRESENTAÇÃO | 21 |
| CAPÍTULO 1. COSMOS..... | 29 |
| Datação do tempo geológico..... | 34 |
| A animação da Terra | 34 |
| A composição de membranas | 39 |
| CAPÍTULO 2. MICROCOSMO..... | 43 |
| CAPÍTULO 3. MICRORGANISMOS..... | 51 |
| Mutações | 54 |
| Biota microbiana..... | 56 |
| CAPÍTULO 4. PRIMÓRDIO DA VIDA..... | 59 |
| Formação de novos organismos..... | 61 |
| Fosforilação oxidativa | 63 |
| Produção de energia pela via das porfirinas..... | 65 |
| Fotossíntese..... | 66 |
| A origem de flagelos e cílios | 67 |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 5. SEXO E TRANSFERÊNCIA DE DNA..... | 71 |
| CAPÍTULO 6. ACONTECIMENTOS NO PROTEROZOICO ... | 83 |
| Holocausto de oxigênio..... | 85 |
| CAPÍTULO 7. NO CENTRO DA TERRA | 89 |
| Micróbios sem núcleo: procariotas..... | 91 |
| A célula nucleada: eucariota..... | 95 |
| CAPÍTULO 8. NOVAS CÉLULAS | 99 |
| CAPÍTULO 9. A VIDA EM COMUNIDADE..... | 107 |
| CAPÍTULO 10. O CÉREBRO PULSÁTIL | 113 |
| Formulação do pensamento..... | 119 |
| CAPÍTULO 11. O DILEMA DO SEXO | 125 |
| CAPÍTULO 12. AURORA DE PRECURSORES DE ANIMAIS E PLANTAS | 131 |
| CAPÍTULO 13. O HOMEM..... | 147 |
| Filo <i>Chordata</i> | 155 |
| Vestígios do passado..... | 161 |
| CAPÍTULO 14. HERANÇA MICROBIANA..... | 165 |
| O homem nasce desprotegido..... | 167 |
| Origem das famílias..... | 170 |

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 15. SALTO REPRODUTIVO..... | 173 |
| CAPÍTULO 16. SOLUÇÕES CRIATIVAS | 179 |
| CAPÍTULO 17. DESENVOLVIMENTO DA LINGUAGEM..... | 187 |
| A modernidade | 191 |
| CAPÍTULO 18. O SUPER COSMO | 197 |
| CAPÍTULO 19. FUTUROLOGIA..... | 207 |
| Ficção e realidade..... | 211 |
| CAPÍTULO 20. A SAGA DA EVOLUÇÃO..... | 217 |
| CAPÍTULO 21. ORQUESTRA DE GENES | 225 |
| Seleção de fenótipos e especiação | 227 |
| Epigenética..... | 228 |
| Diversidade genética | 231 |
| CAPÍTULO 22. SEM HORA MARCADA | 235 |
| Cibernética..... | 239 |
| CAPÍTULO 23. COMO TUDO COMEÇOU..... | 245 |
| Para onde vamos? | 250 |
| CAPÍTULO 24. SAPIENTIA NATURA | 253 |
| As tecnologias artificiais | 258 |

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 25. PORQUE SOMOS DIFERENTES | 267 |
| Como somos diferentes? | 269 |
| A base genética da diversidade | 272 |
| | |
| CAPÍTULO 26. SELEÇÃO EPIGÂMICA | 275 |
| Especiação..... | 277 |
| Epigenética e teoria do desenvolvimento | 280 |
| | |
| CAPÍTULO 27. É BOM PENSAR | 283 |
| A metáfora da linha-férrea | 285 |
| | |
| CAPÍTULO 28. RIQUEZA DA CIVILIZAÇÃO | 291 |
| Influência de mutações no fenótipo | 293 |
| Reprodução sexuada e heterose social | 294 |
| Síntese..... | 296 |
| | |
| POSFÁCIO..... | 299 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 305 |
| ANEXO I..... | 309 |
| Termos técnicos | 309 |
| ANEXO II | 313 |
| CORDEL DA EVOLUÇÃO | 313 |



Buraco na terra



Prefácio
A NOSSA ORIGEM COMUM

A nossa origem subatômica, portanto, origem comum, que nos une a todas as criaturas, mesmo que sejamos de uma espécie que se acha incomum, e não completamente sem razão, pois todas têm esse direito, embora nem todas se comportem como se, no palco do teatro do mundo, desempenhassem o papel principal, tratando outras formas de vida como se existissem para servi-las nos bastidores ou como figurantes. Mas, se existe algo em que poderíamos pleitear a posição privilegiada nesse teatro, não seria, antes de tudo, a nossa capacidade de reconhecimento da origem comum de todas as formas de vida, da maravilha de sua multiplicidade e sua diversidade? Não nos distinguiria a capacidade de conviver, respeitar, cuidar e não destruir essa maravilha, assim como a procura, por meio da ciência e da imaginação, por caminhos para impedir os efeitos catastróficos produzidos pela ciência e pela carência ou desapareço da imaginação?

Assim, logo no título deste livro, *A nossa origem subatômica*, Antonio Teixeira provoca questionamentos acerca da origem, da razão de ser, assim como de ser ou não ser da nossa humana, demasiada ou insuficiente humana civilização.



O autor, que dedicou a vida à produção do conhecimento sobre a biologia da evolução e medicina, a partir de questionamentos ousados, investigação científica intensa e muita empatia, continua, neste livro, a vida em diálogo acadêmico e pedagógico em que a ciência reclama a maior presença na consciência do homem contemporâneo.

Se os humanos “são produtos da mais refinada sabedoria coletiva da Natureza”, seria problemático colocá-los no topo da criação segundo a hierarquia tradicional. O homem na Terra e a sua civilização têm só 140 mil anos, o que é pouco se pensarmos que os insetos, os moluscos e os dinossauros viveram 120 milhões de anos. Não somos aqui a vida dominante, pois 80% da sua longa história foi protagonizada no princípio da vida pelos micróbios cujo microcosmo vive em nós e nós vivemos nele. E não podemos ter certeza de que não se aproxima o nosso fim, o fim do mais autodestrutivo dos seres vivos, que, “a cada dia, perde mais a capacidade de decidir sobre o seu destino”.

As primeiras moléculas surgiram no cosmos há mais de quatro bilhões de anos, originando os microrganismos bacterianos, que deram origem às plantas e aos seres vivos do reino animal. São as bactérias que sobreviveram a todas as catástrofes planetárias e sempre reproduziam as células, recomeçando a reconstrução da vida com a sua incontável diversidade de formas. Como fica o nosso “antropocentrismo” diante do mais antigo e minucioso entre os organismos vivos? Diante da “magnitude da diversidade biológica [...] representada por um milhão de espécies de animais e meio milhão de plantas”? Por isso, o autor deste livro da *gênese* não hesita em colocar os micróbios no topo da hierarquia da vida.

Ao falar das maravilhas da evolução da vida, complementando a teoria e as intuições darwinianas com as descobertas da ciência

moderna, Antonio Teixeira faz muito mais do que popularizar a ciência. Na sua saga das células primevas, ocorre uma relevante aproximação entre as ciências naturais e as humanidades. Os recursos poéticos se tornam naturalmente indispensáveis e até a poética do cordel entra em jogo e enriquece a forma de narração. Uma relação dessa não é novidade, foi cultivada desde os primórdios da nossa civilização, porém, com a aceleração dos avanços e especialização da ciência, veio o afastamento.

A nossa origem subatômica, origem comum, evidenciada pela ciência com seus métodos experimentais, desafia a nossa imaginação, ainda bastante apegada aos hábitos do passado que, desde o Século das Luzes, delimitavam e separavam, cada vez mais, os territórios da ciência e da poesia, da verdade e da fé, da razão e da imaginação. A imagem e a visão do mundo que emergem da ciência dos nossos tempos recuperam o direito do miraculoso por desvendar e avistar uma verdadeira epifania na gênese da vida, na sua evolução e disseminação, assim como na sua reconstrução e no seu crescimento após numerosas cataclismas. Ainda não sabemos tudo e talvez a humanidade chegue ao seu fim sem saber o que era no princípio. Pode ser também que, no que tange a origem do universo ou passagem da evolução da matéria à evolução da vida, continuaremos para sempre no campo das hipóteses ou da “imaginação intuitiva”, faculdade que permite ao autor deste livro avançar em sua narrativa também onde a ciência ainda não alcança.

O nosso destino como espécie, nosso dever e salvação (possível) está do lado da ciência, cujo progresso não deixa de produzir efeitos destrutivos, porém também prepara meios contra a destruição. É difícil imaginar como seria possível prevenir a poluição do ambiente natural, acabar com a fome de tantos habitantes do planeta, enfrentar as

pandemias e os perigos que possam vir do cosmos, sem desenvolvimento da ciência e tecnologia.

No entanto, ao apostar tanto na ciência, não podemos renunciar ao nosso dom e nosso direito da imaginação, mesmo que a escola, muitas vezes, ao propagar versão vulgarizada da ciência, faz, nesse ponto, um desserviço. É estranho, mas ainda muitas pessoas acham que um fenômeno natural que a ciência consegue explicar por meios empíricos já não pode ser objeto de admiração e arrebatamento.

O leitor desta saga das células primevas, em que a ciência e a poesia se deram as mãos, encontra um relato de como e quando as decisões sobre todas as formas da vida foram tomadas. E pode ser que fique surpreendido diante da inimaginável, contada em bilhões de anos, evolução que deu origem a quem somos. Sua história, suas leis são impressas em nós e no nosso mundo até os mínimos detalhes. O que não quer dizer que assim e só assim podia ser, nem que tudo que será adiante já está determinado, escrito “lá em cima” ou codificado “aqui embaixo” no DNA. Porque o que sempre estava e continua movendo a evolução é a imprevisibilidade diante das inúmeras opções. A natureza, com as suas decisões tomadas em língua proteína-nucleotídeo, produziu e multiplicou as inumeráveis formas de vida, desde bactéria até cigarra, garça, hipopótamo e homem. A interpretação determinista da seleção natural e adaptação não resiste às evidências produzidas pela ciência moderna. É “a corruptela que diz que a evolução biológica é o resultado da sobrevivência do mais forte”, diz o autor desta obra. Sabemos, pois, que a transmissão do código genético nem sempre é perfeita, que ocorrem “os erros”, que a casualidade entra em jogo e, assim, a evolução pode prosseguir. E nem sempre são os “mais fortes” que ganham. Não somos nós um exemplo de sobrevivência dos

mais frágeis e defeituosos, sobrevivendo até agora só graças à razão, um recurso compensador das fragilidades físicas, mas que não garante a longevidade e pode também levar à autodestruição. Se podemos dizer que a evolução aposta em algo, seria, na visão de Antonio Teixeira, em “cooperação, interação e interdependência entre todas as formas de vida”, assim como na “magnitude da diversidade biológica”.

O autor d’*A nossa origem subatômica* assume esta aposta. Por isso, escuta todos os agentes da história da vida na grande sinfonia da evolução, assumindo o papel do seu porta-voz e tradutor, para que seja evidenciada e admirada a solidária cooperação de todos, a riqueza da diversidade biológica e, conseqüentemente, também antropológica.

É impossível não se questionar acerca do autor, maestro ou do compositor que deu início a esta história, esta sinfonia da vida *in statu nascendi* há bilhões de anos.

O seu nome não aparece. As fontes desta história estão na ciência. Mas, também, na virtude de muito imaginar, e, por isso, a ausência do nome não precisa significar a impossibilidade da existência do Criador, tão poderoso que bastava ele dar o primeiro toque da sinfonia para que ela continuasse e evoluísse sem a necessidade da sua presença *in loco*. E imaginando que ele existe, não seria desconfiar do seu poder e da perfeição da sua obra, a sinfonia da vida, supor que ela, para durar e evoluir, necessita da sua constante intervenção?

Pode ser que o autor até contasse que essa hipótese e essa pergunta aparecessem na apresentação do seu livro, tendo convidado para tão honrosa tarefa o seu colega da área de estudos literários e não das ciências biológicas. O criacionismo, teoria negacionista da evolução, aqui nem entra em cena, mas a quem, assim como ele, além dos domínios da ciência, explora os segredos da alma humana, dos territórios

da imaginação ousada e insubmissa não deve surpreender a evocação do mito: “nada que é tudo”. É possível ele gostar, mas também discordar desse belo paradoxo formulado por Fernando Pessoa; discordar, porque nem o mito nem a ciência “é tudo”, assim como nem a ciência nem o mito “é nada”. Tanto a ciência como o mito são muito mais que “nada” e muito menos que “tudo”.

Além de uma saga e do cordel da nossa origem comum, o leitor recebe, neste livro, um elogio da diversidade: “fenômeno abrangente resultante do código genético de programação aberta que impede a criação de dois indivíduos iguais”. A diversidade humana, por ser “obra de rara beleza somente produzida pela engenharia genética da Natureza” merece mesmo um elogio. Mas precisa também ser estudada e o seu conhecimento estar presente no sistema educacional. E não qualquer sistema, mas o que assegure a igualdade de oportunidades para o desenvolvimento do que é desigual, único, e representa a “maior riqueza numa nação civilizada”.

Da natureza, que é nossa suprema e magnífica alma *mater*, já aprendemos muito que nos tem possibilitado os progressos na ciência, tecnologia e cultura. E precisamos aprender ainda mais, muito mais, inclusive no campo da ética, acentua o autor desta saga, para não desperdiçar, mas ir engrandecendo o projeto de vida do que não temos direitos autorais, mas, canções pensantes, participamos com uma boa cota de responsabilidade.

Henryk Siewierski

Professor titular do Departamento de Teoria Literária e Literatura,
Instituto de Letras da Universidade de Brasília



Semente de abacate

APRESENTAÇÃO

*A Natureza opera de acordo com leis eternas,
com as mesmas forças agindo todo o tempo.*
Aristóteles (394-322 a.C.)

A beleza dos solfejos de corais encanta enquanto lembram a história épica da saga da vida no planeta Terra. Vivemos no organismo chamado biosfera, onde ocorre a integração de sistemas de seres vivos. O homem primevo sem ostentação era criatura falível, escondida em cavernas escuras, admirando o fogo e saindo em busca de caça. A história das civilizações dos seres vivos sugere que os humanos acabaram de chegar na pátina planetária. Como espécie, somos jovens aprendizes, crianças imaturas errantes entre bilhões de espécies de animais e vegetais ancestrais. A civilização humana agradece aos naturalistas, evolucionistas que tiveram a ideia de nos dizer que ninguém deve se envergonhar de pertencermos à família dos macacos, nossos primos mais próximos. Não há constrangimento em termos aqueles hominídeos 'feios' como parentes, ainda que muitos de nós preferíssemos ter nascido em linhagem de reis e rainhas.

Muitos acham que esse é um grande dilema, mas o primeiro de nossa linhagem surgiu há cerca de quatro bilhões de anos como agregados de moléculas que tinham em si apenas as partículas subatômicas, formando os elementos químicos que, por sua vez, se organizaram

em moléculas que compuseram os vírus, e depois as bactérias com habilidades autorreplicáveis e autotróficas.

As bactérias formaram o manto de matéria orgânica na crosta terrestre e organizaram sistemas biológicos complexos que deram origem aos seres vivos com células nucleadas. Não obstante toda nossa presunção de elegância como espécie, exibindo o cérebro com lobo frontal avantajado, com possibilidade de apreciar toda nossa rica musicalidade, ainda não nos foi possível progredir, no plano social, para além dos micróbios que nos precederam.

Foram necessários bilhões de anos para que os micróbios primeiros elaborassem as normas e os regulamentos de compartilhamento das moléculas que animaram a biosfera. Essas normas e regulamentos podem instruir os humanos que desejam guiar sua própria sobrevivência. Essa é a beleza da letra da música que canta a história da vida no planeta.

Nos capítulos iniciais desta obra, que tratam da origem do universo, a narrativa avança com as faculdades da imaginação intuitiva, com pensamentos que flutuam em cenários da matéria derivada de átomos em aceleração, e explosões atômicas e cataclismas, abstrações de cenários em espaço e tempo imemoriais onde surgiu a Terra, terceiro planeta do sistema iluminado pela bola de fogo solar, em temperaturas muito altas e erupções vulcânicas que transportavam magma derretido, revolvido e estratificado nas camadas superiores, compondo polos magnéticos com força de gravidade dirigida ao centro físico do planeta. Nesse contexto, a opção pelo conhecimento científico nasce livremente nas mentes criativas que anteviram os fenômenos processados pelas partículas subatômicas nos elementos da matéria primeva e iniciaram a organização da vida.

O homem que se considera gestor supremo da natureza acredita que a maior conquista da evolução permanece inalterada e disponível aqui para sempre. A prudência do(a) leitor(a) sugere que os autoproclamados gestores da natureza sejam rebatizados como *Homo imprudens*, que não veem adiante. Atualmente os humanos querem apropriar-se de tudo que existe entre os polos da Terra, as montanhas, o mar profundo, e, ainda, colonizar a lua e demais planetas do sistema solar. No andar da carruagem do imprudente com roupagem coberta de ouro para projeção de sua imagem de grandeza de si mesmo, distingue-se a pretensão alegórica da folia planetária. A vaidade alcança o egoísmo imprudente e projeta sua falta de humildade, enquanto um humor releu fica embutido no misto de credulidade e ingenuidade. O que mais atíça a atividade humana se propaga com a velocidade da luz que ofusca quando o homem extrai recursos não renováveis da Terra, se possível, sem preservar a vida selvagem, sem evitar poluição de mananciais, sem cuidar de rejeitos orgânicos que contaminam as fontes de água potável e o mar, e adiciona exalações ao ar que respiramos. O egoísta age como se a natureza fosse de sua propriedade, herança ganha da sua linhagem *imprudens*, e inebria-se com a falsa credence de habitar num parque misto de zoológico e jardim infantil.

Os registros comprovam os percalços da evolução após perdas substanciais pós-extinção de populações inteiras e reinício por meio das comunidades dos microrganismos que reinventaram os vertebrados que se julgam mais fortes que seus ancestrais. Após cada um dos muitos cataclismas, os microrganismos sobreviventes retomavam a organização das moléculas precursoras da vida. Os micróbios vivem ainda em sistemas de compartilhamento de nutrientes que possibilitaram a organização das sociedades dos seres vivos às quais o homem

pertence. Nas idas e vindas, a sabedoria dos antigos remete à raiz da palavra terra (*dhghem*), que tem origem nas línguas indo-europeias, podendo ser traduzida como *homo*, humano, humilde, *humus* e chorume. Ou seja, da terra chega-se aos seres vivos e ao *humus*, chorume resultante da decomposição de plantas e animais, inclusive o *Homo sapiens sapiens*. Pela sua ontogênese, o sábio é verdadeiramente o *Homo sapiens humillitas*.

A intenção aqui não é resolver posições antagônicas, conflituosas, incitadoras de discussões cansativas, ao longo dos últimos 160 anos, desde a publicação do livro seminal de Charles Robert Darwin (1809-1882) sobre a *Origem das espécies pela seleção natural*, considerada a maior contribuição para a ciência biológica em todos os tempos. Os capítulos que compõem *A nossa origem subatômica* nasceram de observações documentadas, narradas por cientistas curiosos, mentes privilegiadas que empregaram ao esmero os métodos dedutivo e indutivo para alcançar o estágio do conhecimento atual sobre a teoria da evolução das espécies. O conhecimento empírico tem origem nos sentidos, nos quais os conceitos operam como experiência sensorial. O método indutivo, cujos resultados devem ser reproduzíveis e confirmáveis pela tríade: hipótese, experimentação e afirmação ou negação, requer experimentação e observação. Isto é ciência, saber que tudo que existe no mundo foi reconhecido em primeira instância pela mente inteligente, inquieta e criativa.

Mesmo ciente de que o objetivo da leitura é o entretenimento da pessoa curiosa, este livro teve cuidado redobrado na observação dos termos da Constituição da República Federativa do Brasil no capítulo referente à laicidade do ensino e à liberdade de expressão. A magna carta consagra aqui e em todo o mundo civilizado a laicidade do sistema educacional e faz opção pelo conhecimento, à medida que

assegura a liberdade de expressão. A palavra laicidade deriva do grego *laos*, que significa vontade do povo no regime social de convivência na democracia.

A justificativa para a publicação deste livro nasceu na experiência, primeiro como aluno de escolas públicas de primeiro, segundo e terceiro graus e, depois, como professor da Universidade de Brasília, onde dediquei parte significativa de energia e tempo em sala de aula e laboratório de pesquisa. Leva em conta, ainda, o conhecimento adquirido como docente-pesquisador, que deu preferência à investigação de fenômenos da realidade atual, os quais incitam perguntas sem resposta. No transcorrer da narrativa, o(a) leitor(a) encontrará explicação para o cerne da ideia que sugere que a maior riqueza de uma nação está na mente criativa de jovens capazes de avançar o conhecimento sobre o desconhecido, essencial para produzir novas tecnologias e inovação, embelezar a vida, gerar bem-estar e civilidade.

O conhecimento e as novas ideias expostos nesta obra ganhariam validade ao passar pelo crivo da razão crítica de interlocutores com distintas habilidades e, principalmente, pelos leitores ligados ao sistema educacional, visando à avaliação da necessidade de atualização dos métodos de ensino. Nesse contexto, a migração do passado medieval para a realidade atual apresenta-nos as mais avançadas biotecnologias e inovações dos métodos de ensino em renovação continuada, à semelhança do processo de evolução das espécies pela seleção natural.

Intencionalmente, cito poucas obras sobre a origem dos seres vivos. O intuito é a simplificação do assunto, que é abrangente e multidisciplinar. É uma tentativa de levar aos leitores noções básicas sobre a origem da vida, reconhecendo que ninguém domina todas as áreas das ciências narradas nos capítulos do livro, admitindo, ainda, que é

alto o risco de incompletude. O cordel, versos com palavras-chave em cada capítulo, abre a porta para os iniciantes. Assim, espera-se que as omissões sejam perdoadas.

Lago Norte, Brasília, 2024.

Antonio Teixeira

Professor Emérito da Universidade de Brasília



Capítulo 1

COSMOS

O passado antes do amanhecer, abismo do tempo.
William Shakespeare (1564-1616)

A escuridão aparecia
Na Supernova existia
Elemento singular fissurado
Hidrogênio nascente
Partículas subjacentes
Nuvem, poeira tingida
Supernova condensada infinita

Fusão, fissão, explosão
Gigantesca bola de fogo
Beleza roxo-vermelho
Iluminada Supernova derretia
Átomo da matéria expandia
Explosão atômica
Big-bang.

Espaço sideral, escuridão
Atividade, extinção
Baixa temperatura
Matéria, velocidade, energia
Átomo fissurado
Nêutron, próton, elétron
Partículas organizam a vida

No firmamento
Átomos neotenia.
Matéria condensada.
Meteoritos flutuam
Onda de cores frias
Brilho particulado de estrelas
Imaginação, detalhes centelhas

Hibernação prefanerozoica
Resfriamento do cosmos
Química probiótica
Hidrogênio, carbono, oxigênio
Começo da vida.
Placas de água quente
No centro da Terra.

A origem do universo é apreciada pela imaginação e descrição criativas da mente inquieta do *Homo sapiens*. A ciência cosmológica física estuda a dinâmica do universo e as questões fundamentais sobre a sua origem. O princípio copernicano de que corpos celestes seguem leis físicas idênticas as da Terra, a mecânica clássica e a teoria da relatividade fundamentam a compreensão do funcionamento do cosmos. Com base no princípio de conservação da massa e na física de partículas elementares do átomo, criou-se o método usado para a datação da gigantesca explosão atômica da nuvem escura supernova há 13.800 milhões de anos. Os cientistas usaram aparelhos aceleradores de partículas, mas essas pesquisas têm limitações em regimes de alta energia e, na ausência de comprovação experimental, a grande explosão pode ser descrita a partir das partículas elementares que compõem os átomos da matéria volátil, líquida e sólida. O gás hidrogênio (H_2) dominava a

ambiência primeva quando a nuvem supernova ocupava o espaço infinito ao qual referimos como Super Cosmo. Como não sabemos quantos universos existem, a imaginação fica reduzida a apenas um, o “cosmo”. As partículas elementares que enfeixam as propriedades do átomo são os nêutron e prótons, presentes no núcleo, que conferem massa atômica, além do elétron com sua carga elétrica situada na órbita externa do átomo. Além dos nêutrons, prótons e elétrons, existem partículas ainda mais elementares, ou subpartículas, entre as quais encontram-se quark, glúon, gráviton, bóson, fóton e méson-pi, respectivamente, com as propriedades de adesão do nêutron ao próton, atração gravitacional, força coesiva, partícula de luz visível e estabilização do átomo. E ainda existe o neutrino livre no espaço, sem carga elétrica. Os átomos e as partículas subatômicas são componentes dos gases que formavam a supernova, particularmente, composta pelo gás hidrogênio.

O cataclisma universal aconteceu há 13.800 milhões de anos quando a condensação dos gases no espaço sideral produziu aquecimento a temperaturas de milhares de graus *Celsius* e a bola de fogo com radiação ionizante produziu explosão gigantesca.¹ A teoria cosmológica do desenvolvimento inicial do universo em expansão recebeu o nome de Big Bang, quando a temperatura baixou de milhares de graus *Celsius* para 3.000 °C. Ao alcançar a temperatura no ponto em que nêutrons, elétrons e prótons se juntam para criar um hidrogênio, elemento químico mais simples e mais abundante no universo. A explosão atômica produziu movimentação com aceleração inaudita e gerou tremenda velocidade da matéria

¹ Geólogos, físicos e biólogos discutem a datação do episódio de explosão da supernova que formou nuvem de poeira logo agregada na matéria que deu origem à Terra. Na escala do tempo em bilhões de anos, a diferença é semântica. A vida biológica na Terra começou há 4.500 milhões de anos atrás.

incandescente que deu origem aos corpos celestes. As reações termonucleares criaram várias partículas subatômicas de hidrogênio e de outros elementos mais pesados, até então inexistentes. A riqueza de hidrogênio em nosso corpo é proporcional à sua presença no universo. Temos mais átomos de hidrogênio do que qualquer outro elemento, primariamente na água, que constitui setenta por cento da Terra e de nosso peso corporal.

Os fragmentos da matéria radioativa em alta temperatura produziram imenso clarão, e apareceram os corpos celestes incendiados e pontos luminosos no firmamento. Com isso, os átomos do gás hidrogênio se decompuseram e liberaram na atmosfera subpartículas e partículas radioativas. As forças físicas das principais partículas atômicas, nêutron, próton e elétron no núcleo, com elétrons ocupando a órbita de cada átomo, organizaram-nas em vários arranjos, de acordo com o número de prótons, nêutrons no núcleo, com o elétron ocupando a órbita de cada átomo.

Os fatores abstratos elucubrados pela mente humana não explicitam em quanto tempo e em que espaço ocorreram as modificações da massa e da carga elétrica de novos átomos que passaram a compor a atmosfera radioativa primeva. Ao hidrogênio juntaram-se os elementos oxigênio e carbono, os quais formaram as moléculas de água (H_2O), dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4). Novos cataclismas introduziram modificações na atmosfera com o nitrogênio e as moléculas de amônia (NH_3) e ozônio (O_3). Durante os primeiros 9.300 milhões de anos após o Big Bang, não havia sinais de vida na presença de alta concentração do oxigênio tóxico na atmosfera.

A biosfera é o imenso palco do universo onde aconteceram as reações químicas com acréscimo de vários gases da atmosfera primeva, com alterações radicais de energia pelos átomos de elementos químicos

já existentes e irradiada pela poeira das estrelas. As agregações de massas de gases formaram os planetas do sistema solar. Na massa de gases que deu origem à Terra, havia hidrogênio, hélio, carbono, nitrogênio, oxigênio, ferro, alumínio, sódio, cloro e silício. Neste ponto, há 4.500 milhões de anos, a massa da Terra já estava próxima da fonte de energia do Sol, e a distância não permitia que os gases congelassem como em Titan, a maior Lua de Netuno. A água é líquida na Terra, mas não em Júpiter e Mercúrio, onde congelou. Além disso, a Terra já era suficientemente grande para gravitar numa atmosfera compatível com a vida.

O Sol irradia luz, energia que alimenta a atmosfera da Terra e de outros planetas. O hidrogênio e os demais elementos leves flutuam no espaço, combinam uns com os outros e produzem os ingredientes da receita da vida: metano (CH_4); água (H_2O); nitrogênio, que faz amônia (NH_3); e enxofre, que forma sulfeto de hidrogênio (SH_2). Esses gases se juntam em cadeias longas cujos compostos são componentes de nosso corpo. Os planetas Júpiter, Saturno, Urano e Netuno mantêm esses gases na atmosfera ou congelados na superfície. Na Terra moderna, surgiram fenômenos que fizeram a complexidade dos gases reciclados, que persistem até hoje.

A fúria da explosão no cosmos, seguida de aquecimento e resfriamento compatíveis com as reações dos átomos de elementos químicos, levou as modificações da atmosfera da Terra nos primórdios do Éon Hadeano, iniciado há 4.500 milhões de anos atrás, quando ainda inexistiam rios, lagos, oceanos e massa da matéria sólida. O planeta era bola que cuspiam fogo e lava derretida pelo calor resultante do decaimento radioativo de urânio. Por conseguinte, a água que jorrava em jatos oriundos do interior em direção à superfície da Terra era tão quente que logo passava ao estado de vapor na atmosfera.

Datação do tempo geológico

O Éon Hadeano foi marcado pelos meteoritos e pelas rochas como aquelas trazidas pelos astronautas da nave espacial Apollo de volta da Lua, onde inexistia o ar, mas começou o resfriamento há 4.500 milhões de anos (tabela 1). A idade da Terra é calculada pelo método do urânio radioativo.

Esse cálculo consiste na datação dos átomos de urânio, que se transforma em chumbo após decaimento pela perda de partícula elementar de seu núcleo. Após decorrer longo tempo chamado de meia-vida, período necessário para que o urânio²³⁸ reduza seu peso à metade, ou seja, $4,5 \times 10^9$ milhões de anos; metade do urânio se transforma em chumbo. A quantidade de urânio restante nas rochas mais antigas do planeta permite calcular sua idade. Paralelamente, acrescenta-se nesta conta o exame de decaimento de fragmento de meteorito que caiu na Terra. Essa medição sucessiva marca os períodos geológicos em éon, era, época e período, permitindo inferir a história da Terra. Assim, verificou-se que a idade da Terra é muitas vezes superior, em bilhões de anos, à idade da história dos seres vivos.

A animação da Terra

Numa placa tectônica no fundo do mar, foram encontrados magma, vapor e gases emanados da água ao longo do Éon Arqueano, que teve início há 3.900 milhões de anos atrás. Na profundidade de grandes placas da Terra, das quais emana gás sulfuroso do manto subjacente, encontram-se comunidades de pequenas criaturas sob a água. No Equador, nas costas da Califórnia e no Golfo do México, a 3.400 metros sob a água, foram encontrados enormes anelídeos redondos avermelhados do gênero

Riftia pachyptila, e polvo em cavernas e fendas. Plantas, algas e formas de vida fotossintéticas necessitam de luz, mas esta não chega na profundidade do mar. Pelo contrário, os animais escondidos nas fendas costeiras de maré no litoral se alimentam de bactérias que obtêm energia de sulfetos e outros gases ricos em hidrogênio que emanam da água quente nos buracos da Terra.

Tabela 1: O fenômeno Vida na Terra na escala do tempo em milhões de anos*

| Éons | Eras | Épocas | Períodos | |
|-------|--------------|--------------------|---|---|
| 4.500 | Hadea | Pré-Fanerozoica | Datas do começo e término dos períodos e épocas (em milhões de anos atrás) | |
| 3.900 | Archea | | | |
| 2.500 | Proterozoica | | | |
| 580 | Phanerozoica | Paleozoica 580-245 | Cambriano 580-500 Ordoviciano 500-440 Siluriano 440-400 Devoniano 400-345 Carbonífero 245-290 Permiano 290-245 | |
| | | Mesozoica 245-66 | Triássico 245-195 Jurássico 195-138 Cretáceo 138 66 | |
| | | Cenozoica 66-0 | Paleoceno 66-26 | Paleoceno.....66-54 Eoceno..... 54-38 Oligoceno..... 38-26 |
| 0 | | | Neoceno 26-0 | Mioceno..... 26-7 Pleioceno..... 7-2 Pleistoceno... 2-0.1 Recente..... 0,1-0 |

*Os dados estão de acordo com a escala cronoestratográfica da história terrestre. A escala, em anos, foi decifrada de fósseis com datas, adaptadas do Calendário da História da Terra.

Fenômenos físico-químicos deram origem a toda vida. O nosso próprio corpo foi iniciado com compostos de carbono envolto por átomos de hidrogênio e oxigênio. A vida pode ter sido iniciada em placas primevas de água quente do interior da Terra, onde reagiu com gases da atmosfera rica em dióxido de carbono. A flexibilidade do carbono é um dos segredos da vida na Terra. Em ambiência agitada durante o Éon Arqueano quente e úmido, os átomos de carbono se combinaram rapidamente com hidrogênio, nitrogênio, oxigênio, fósforo e enxofre para gerar diversidade de substâncias.

A coleção de moléculas que contém carbono continua a existir, interagir e evoluir. Os átomos daqueles seis elementos são o denominador comum de toda a vida, constituindo 99% do peso seco de todo ser vivo, inclusive do homem. As condições físico-químicas existentes na Terra primeva, quando a diferença entre a matéria inerte e orgânica era mínima, favoreciam a organização da vida. As diferenças encontradas na percentagem de cada um desses átomos usados para a produção de aminoácidos e de ácidos nucleicos, assim como na distribuição aleatória dessas moléculas nas proteínas e no DNA das células primevas, são similares em todas as formas de vida, desde bactérias a humanos.

Essas similaridades são igualmente reconhecidas em macacos e humanos, e o conjunto de todas essas estruturas físico-químicas revelam a ancestralidade comum a toda forma de vida.

Além disso, as similaridades das unidades básicas reconhecidas nas moléculas de DNA e de proteínas são essenciais para a programação do código genético de leitura aberta, que varia com a posição aleatória das moléculas de nucleotídeos e de peptídeos nas sequências das respectivas macromoléculas.

Os cientistas fizeram experimentos-modelo de “química probiótica” similares àqueles que aconteceram na Terra primeva. Esses experimentos revelaram que a evolução química consistiu no bombardeio de mistura de gases que continham amônia, vapor d’água, hidrogênio e metano, tal como existia na atmosfera primeva. Esta mistura de gases com descarga elétrica no vácuo produziu 20 aminoácidos² e substâncias intermediárias com 12 carbonos, nitrogênio, hidrogênio e oxigênio, cujos átomos compõem as proteínas produzidas pelas células. Desde então, cada componente de moléculas complexas pode ser produzido em laboratório com as moléculas simples de gases e minerais em solução, expostas à fonte de energia tal como faísca elétrica, radiação ultravioleta e calor.

Curiosamente, os aminoácidos mais abundantes nas proteínas alanina, glicina e serina são os mais facilmente obtidos. O aminoácido triptofano com anel aromático é importante precursor das endorfinas, moléculas da felicidade. Ademais, os cinco nucleotídeos que compõem o RNA — adenina, citosina, guanina, e uracila — podem ser formados nas misturas de metano, nitrogênio, hidrogênio, água e gases, quando são expostos a centelha elétrica.

O RNA é essencial para a replicação da célula de todos os seres vivos e sua ontogênese³ em vírus, partículas complexas que infectam e se dividem durante a reprodução de células nucleadas. Os vírus não são considerados seres vivos porque não se replicam autonomamente. Com a substituição de uracila pela timina, os vírus também

² Alanina, arginina, asparagina, ácido aspártico, cisteína, glutamina, ácido glutâmico, glicina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, serina, treonina, triptofano, tirosina e valina.

³ Vide definições de termos técnicos, citados no Anexo I.

sintetizaram o DNA. Essas macromoléculas pareadas em fita dupla são formadas pelas longas cadeias de nucleotídeos adenina, citosina, guanina e timina, porém, se separam durante a divisão celular.

As moléculas de RNA (ácido ribonucleico) podem ser sintetizadas no tubo de ensaio e replicadas em bactérias hospedeiras. A molécula do trifosfato de adenosina (ATP), um nucleotídeo associado a reações químicas intracelulares que produzem a energia armazenada nas células, é construído pelo nucleotídeo adenosina, ligado a três radicais fosfato e ao açúcar ribose, conectados em cadeia, e a energia é liberada pela ação enzimática que rompe a ligação entre os fosfatos. Atualmente as moléculas de DNA (ácido desoxirribonucleico) e RNA são sintetizadas em plataformas digitais a partir de misturas de ácidos nucleicos e ATP. Diante dos conhecimentos adquiridos nos experimentos descritos, os indivíduos passaram a acreditar que faíscas elétricas sobre a sopa orgânica de oceanos arqueanos, há 3.900 milhões de anos atrás, fundiam carbono e átomos de hidrogênio com outros elementos numa combinação que poderia dar origem a um ser vivo.

Existe também a possibilidade de as moléculas da vida terem sido semeadas na Terra por meteoritos, pois a presença de matéria orgânica em meteoritos confirma que, em um ambiente rico em hidrogênio exposto à corrente elétrica na presença de carbono, como existente no sistema solar, pode-se produzir blocos de moléculas da vida.

A incredulidade desaparece diante dessas conquistas da ciência, uma vez que, conforme comprovado nos experimentos laboratoriais, independentemente de vontade, a vida foi iniciada. A discussão sobre se a vida aconteceu instantaneamente ou se foi trazida ao planeta por meteoritos parece fora de propósito, pois o essencial é o fato de que

a massa de ingredientes da infusão para o crescimento da vida primeva está na Terra.

Então, dado o tempo suficiente com fonte de energia solar para combinação dos átomos em moléculas expostas a descargas elétricas, as ligações químicas combinam os elementos sempre de forma ordenada, e isto explica a abundância da matéria orgânica. Sob a força da gravidade, em condições de umidade e temperatura amenas, foram encontradas as melhores condições para as combinações químicas e o direcionamento da composição dessas moléculas precursoras de seres vivos.

À medida que a Terra compôs microambientes mais estáveis, moléculas mais complexas foram produzidas e permaneceram intactas por longos períodos. Por exemplo, o cianeto de hidrogênio (HCN), molécula do espaço interestelar, veneno letal para os seres vivos dependentes de oxigênio, se transforma em adenina, um dos principais nucleotídeos do DNA, RNA e ATP. Porém, na presença de oxigênio da atmosfera, para reagir e destruir o cianeto, os aminoácidos, nucleotídeos e açúcares se estabilizam e permanecem em solução. O ATP usado por todas as células vivas como fonte de energia é formado pela união do açúcar ribose de quatro carbonos e de três grupos de fosfato.

A composição de membranas

Algumas moléculas agem como catalisadoras, facilitando a ligação ou separação de outras moléculas. As reações de autocatálise aumentam a complexidade ao longo do tempo e os hiperciclos de catálise complementam um ao outro para reproduzir estruturas replicáveis de DNA e RNA, tal como ocorre na vida. Tais ciclos compuseram miríades de

estruturas de células e garantiram a preservação dos elementos ancestrais básicos, a despeito de flutuações no meio ambiente.

As reações químicas no Éon Arqueano caracterizam as longas cadeias de hidrocarbonetos que formam compostos que encapsulam a água e facilitam o movimento de outros elementos químicos essenciais no involucre. O conjunto de elementos químicos se junta e forma membranas com simplicidade. Esses experimentos podem ser reproduzidos em laboratórios.

Nas membranas, os fosfolipídios se colocam lado a lado com as extremidades sem carga elétrica para fora da água, como acontece quando uma gota de óleo cai na água e logo forma uma membrana, separando o que está para dentro do que fica do lado de fora. Hoje em dia, pode-se fabricar membranas com diferentes tipos de lipídios, proteínas e carboidratos. Porém, a membrana de fosfolipídios com sua propriedade semipermeável concentra os compostos de carbono e os componentes interativos permitem que os nutrientes entrem enquanto a água escapa. As membranas deram início à existência de vírus e bactérias. Nenhuma vida é possível na ausência de membrana. Ao longo do tempo, aminoácidos, nucleotídeos, açúcares, fosfatos e seus derivados, formados e amplificados com energia solar, sob a proteção duma bolha de lipídio, absorveram ATP e compostos nitrogenados usados como nutrientes, fontes de energia que sustentam a vida.

Para ser “vivo”, uma entidade requer autotrofia, ou seja, ser capaz de nutrir-se para manter-se com autonomia. Uma vez que pode se manter, o ser vivo precisa reproduzir-se para sobreviver como espécie, para se defender de perturbações externas, e para proteger sua identidade e memória. Ainda que os elementos químicos sejam substituídos

no corpo, o ser vivo continua a existência quando mantém a organização interna. As estruturas auto-organizadas fizeram longas jornadas visando à preservação da vida.⁴

⁴ Esta obra foi organizada com a informação produzida e publicada pelos cientistas a partir do século XIX. Entretanto, o trabalho do autor foi influenciado, principalmente, pelos textos de Lynn Margulis, Ernst Mayr e Stanislaw Lem, com os fenômenos e contingências que iniciaram a vida no planeta Terra.



Criaturas do lixo

Capítulo 2

MICROCOSMO

*A vida não nasceu de matanças, nasceu, sim,
de redes de cooperação.*

Lynn Margulis (1938-2011)

Mar, manjedoura físico-química

Luz, hiper ciclos, autocatálise

Lipídios e proteínas coacervados

RNA auto replicável

Infecção

Partícula viral complexa

Época prefanerozoica

Vírus, ATP, energia

Membrana lipídica

DNA dupla fita, código genético,

Síntese de proteínas, fenótipo

Carboidratos e lipídios, nutrientes

Bactéria: autotrofia e autonomia

Organização, memória, sobrevivência

Bactéria, Reino procariota

Albergue de vírus

Transferência de DNA

Sexo promíscuo

DNA viral no citoplasma

Éon Proterozoico

1,9 bilhão de anos atrás.

Aliança simbiótica
Mitocôndria
Célula protista
Vida dentro da vida
Respiração, fábrica de energia
Nitrogênio, oxigênio e fósforo
Via metabólica de ATP

Simbiose, compartilhamento
Hélice, mobilidade
Protistas flagelados
Microtúbulos organizados
Espermatozoides ágeis
Limpeza de vias aéreas
Neurônios comunicativos.

As invenções tecnológicas nos fazem pensar que somos a forma de vida mais avançada no planeta. Até a metade do século XIX, a vida na Terra era estudada como prólogo de humanos. Atualmente, sabemos que as formas “inferiores” que nos antecederam, consideradas como destituídas de inteligência, ocupam o pináculo da evolução dos seres vivos. Há quem acredite que os humanos têm a rédea da evolução porque sabemos manipular o DNA, mola mestra da vida, de acordo com o nosso querer. Mas, ao estudar o microcosmo dos micróbios, os cientistas descobriram mecanismos secretos da vida, a partir dos quais a natureza aperfeiçoou as criaturas vivas na Terra.

Nas últimas décadas do século XX, as descobertas de fósseis de microrganismos primevos, a síntese do DNA e a leitura do código genético, que organiza a composição de células a partir de mecanismos

físico-químicos, modificaram ideias antigas sobre a origem da vida e a dinâmica da evolução dos seres vivos na Terra.

As evidências científicas asseguram que os vírus, as bactérias e os protistas são blocos com os quais se constroem a vida de todos os seres, dos mais inferiores aos mais sofisticados agregados de matéria oriunda de micróbios componentes de nosso corpo. De fato, a ciência comprova que os organismos mais simples e mais anciãos se expandiram e se alteraram para compor os tecidos dos seres vivos. Então, a corruptela que diz que a evolução biológica é resultado da sobrevivência do mais forte, pós-competição entre indivíduos, é logo desconstruída pelas evidências de cooperação, interação e interdependência entre todas as formas de vida.

Após os primeiros sinais de surgimento da vida no Éon Arqueano, há 3.900 milhões de anos atrás, passando pela caverna até o condomínio, os humanos somavam apenas 1% da existência dos seres vivos primevos. E mais, quando a vida foi iniciada no Éon Proterozoico, há 2.500 milhões de anos atrás, os únicos habitantes da Terra eram as bactérias. O conhecimento científico reconhece que vírus contém ácidos nucleicos, proteínas, açúcares e lipídios, mas não são seres vivos porque não se reproduzem autonomamente.

Para se multiplicar, os vírus invadem a célula, que se reproduz sexuadamente, e uma cópia do código genético do vírus passa para o genoma da célula filha. As bactérias são procariotas porque não têm núcleo, mas seu DNA fica disperso no citoplasma circunscrito como uma membrana de gordura. Até que, no Éon Proterozoico recente, há 1.900 milhões de anos atrás, ocorreu uma grande revolução cósmica e surgiram os protozoários, seres eucariotas que têm o DNA envolto pela membrana do núcleo.

Durante cerca de dois bilhões de anos, os grupos de microrganismos, bactérias e protistas, protozoários e fungos transformaram a superfície da Terra e sua atmosfera. Produziram tudo de mais essencial em sistemas químicos miniaturizados, tal como jamais imitado pela civilização humana. Esses sistemas vivos deram origem aos processos de fermentação, fotossíntese, respiração oxidativa e remoção do gás nitrogênio do ar. Esses processos biotecnológicos surgiram no começo da vida pelo desenvolvimento dos seguintes fenômenos dinâmicos.

I) Orquestração do DNA pelo código genético e sua replicação para produzir cópia de si mesmo, todavia, susceptível à mutação e à garantia da sobrevivência da célula;

II) Desenvolvimento da capacidade de transferência de DNA de um microrganismo para outro, em que a molécula de nucleotídeos exógenos recombina com genes nativos e passa de geração para geração. Essa habilidade de incorporar DNA exógeno é muito importante porque o DNA dos procariotas e eucariotas protistas se misturam com o manancial de genes existentes, possibilitando remodelação de genomas e desenvolvimento de mecanismos adaptativos no Reino Protista.

A rapidez da recombinação dessas mutações pode ser acomodada após sucessivas gerações bem adaptadas que sobrevivem. A constante adaptação das bactérias e dos protistas — protozoários e fungos — intensifica a evolução das espécies pela seleção natural, ou seja, sobrevivem os seres bem adaptados. Por último, os tecnólogos estudam as técnicas de engenharia genética usadas pelos microrganismos durante quase dois bilhões de anos para tornar a Terra fértil e habitável.

III) A revolução biotecnológica seguinte produziu a mitocôndria envolvida por membrana, minúscula organela de bactéria, que foi incluída no interior das células de protistas, animais, plantas e fungos.

A mitocôndria, localizada à parte do núcleo, tem seu próprio DNA com os genes que se reproduzem em momento diferente da divisão da célula hospedeira. A revolução produzida pela mitocôndria levou para dentro das células eucariotas os sistemas de geração de energia que sustentam a respiração oxidativa de todas as espécies vivas do Reino Animal.

As alianças simbióticas permanentes nos descendentes das bactérias que viviam nos oceanos primitivos, respirando oxigênio ao longo de bilhões de anos, agora vivem no nosso corpo onde cada célula instalou sua mitocôndria.

Ao receber a mitocôndria da bactéria primeva, a célula hospedeira ganhou a habilidade de usar o nitrogênio para produzir energia pela via metabólica de transformação de ATP em ADP e AMP — respectivamente, trifosfato de adenosina, difosfato de adenosina e monofosfato de adenosina — e respirar o oxigênio tóxico retirado da atmosfera. Em contrapartida, a mitocôndria tinha abrigo e alimento e evoluiu com a sofisticação de respirar para viver. Pela criação dos novos mecanismos, que não eram apenas a soma das combinações dos antecedentes, a simbiose tornou-se poderosa via de evolução dos seres vivos animais na Terra.

A prova de que nossa ancestralidade é formada de muitos micróbios é contundente. Nossas células são ricas em carbono e hidrogênio, quando a vida na Terra começou. Os primeiros microrganismos viveram imersos em sal e água no oceano. Afinal, nós somos quem somos graças à junção de bactérias parceiras na água do mar. A partir de então, cada ser vivo deve ser entendido como microcosmo formado por quem o hospeda e o multiplica e, por isso, os seres vivos são tão numerosos quanto as estrelas no céu.

Outra prova de nossos segredos ancestrais é encontrada no flagelo de bactérias espiroquetas e nos microtúbulos das células do sistema

nervoso dos animais. No microscópio eletrônico, é possível ver a estrutura tubular disposta na periferia do cone, que tem eixo formado por um par de esteios tubulares no centrômero, assemelhando-se vagamente a uma taba indígena com base circular, em cujo ápice amarram nove túbulos formando com estrutura flagelar típica. Os cílios móveis das células da nossa árvore respiratória, da garganta e do espermatozoide, também têm a estrutura tubular idêntica àquela do flagelo de bactérias, de onde foram transferidas pela simbiose para protistas, e, finalmente, para todos os seres vivos, protozoários, fungos, animais e plantas.

Curiosamente, percentual significativo (99%) do nosso peso corporal seco é massa de matéria orgânica originada de bactérias, sem as quais não poderíamos viver. Os seres vivos multicelulares agradecem, pois, durante milhares de anos, as bactérias produzem vitamina B12 em nossos intestinos. Agregados desses micróbios especializados nos asseguram a consciência de que o cérebro foi formado pela união de partes de microrganismos, tais como mitocôndria e microtúbulo.

Sabemos que nosso código genético foi obtido de vírus que infectam e transferem seu DNA para bactérias, pois, atualmente, 75% do genoma de mamíferos, inclusive do homem, é formado pelo DNA de origem viral. Por último, a entrada de astronautas no espaço pode espalhar nossa espécie para outros planetas e mais além, e tudo isso foi iniciado pela expansão dos microrganismos habitantes no microcosmo há mais de três bilhões de anos.

Desde o microrganismo primordial até o presente, miríades de micróbios simbióticos desapareceram. Antes, porém, deixaram-nos o DNA denominador comum das moléculas do código genético de todos os seres vivos. Por isso, o microcosmo vive na gente e a gente vive nele.

Esta noção contraria a presunção da soberania do *Homo sapiens* e não pode ser refutada, pois o saber científico desafia ideias individualistas que nos separa do restante da natureza.

Ao amplificar o microcosmo em busca de nossa origem, verificamos que cada indivíduo que cresce e reproduz é um sucesso histórico, e cada um de sua espécie persiste em ordem de magnitude na rede da vida: “Não somos filhos de patriarca!”



Grão: tem que morrer para germinar

Capítulo 3

MICROORGANISMOS

*Intempéries, cataclismas, extinção de seres vivos.
Da profundidade da biosfera ressurgiram micror-
organismos para recomeçar tudo e novos seres vivos...*

Evolução bioquímica
Moléculas autorreplicáveis
Nucleotídeos, carboxila, açúcares
DNA, RNA, código genético
Recombinações aleatórias
Ribossomos citoplasmáticos
Diversidade de seres vivos

DNA, macromolécula de cinco Reinos
Adenina-Timina, Citosina-Guanina
Variações aleatórias
Alinhamentos imperfeitos
Informação programada
Milhares de proteínas
Fenótipo e metabolismo.

Mutações e recombinações
Mensagens instantâneas
Copiadas e transportadas
Leitura precisa
Polimerase, ATP, nucleotídeos
DNA sintético, genes

Cada um tem seu código.

Bactérias iniciam o jogo
Regras código genético
Proteína corrige erro
Marcha e contramarcha
Replicação de DNA
Denominador comum
Na biosfera.

580 milhões de anos atrás
Bactérias, reprodução luxuriante
Crosta da biosfera
Dez km de profundidade
Trinta km acima
Gases emanam dos oceanos
Passado preservado no presente.

A vida teve início há 4.500 milhões de anos no Éon Arqueano. Os elementos químicos que irradiavam a atmosfera terrestre formaram moléculas mais complexas, e, assim, foi criada a biologia molecular, cujo código genético é fenômeno ímpar: as moléculas replicáveis de RNA e DNA. Ao RNA coube as tarefas iniciais de produção de proteínas e de outras moléculas essenciais à evolução bioquímica no citoplasma das células, enquanto o DNA assegura fidelidade do código genético referente às moléculas e à diversidade dos seres vivos.

Os nucleotídeos adenina, guanina, citosina e uracila, cada uma com um grupo fosfato (fósforo e oxigênio) ligado ao açúcar ribose de quatro carbonos, ficam enfileirados nas sequências de RNA em combinações aleatórias. As variações na posição das bases nas sequências

de ácido ribonucleico formam os diferentes ribossomos no citoplasma de células procariotas e eucariotas.

Essas estruturas, compostas por duas subunidades de RNA e proteínas, programam a ligação de aminoácidos uns aos outros, sob orientação da ordem na sequência das bases de nucleotídeos, e codificam enzimas que catalisam a formação de unidades de proteínas. Assim, foi construída a primeira molécula replicável e produtora de proteína que catalisa a produção de mais RNA. A síntese da segunda fita complementar dá origem à fita-dupla do DNA de fácil replicação meiótica e exerce a função de placa molde de cópia de RNA.

O DNA é composto de quatro nucleotídeos, porém, com a timina no lugar de uracila e com o grupo fosfato ligado ao açúcar desoxirribose ao invés de ribose. As fitas de DNA pareiam adenina-citosina e timina-guanina como permitem as suas estruturas químicas. A bactéria minúscula possui centenas de milhares desses nucleotídeos conhecidos como pares de bases; igualmente, animais e plantas têm milhões desses pares de bases nitrogenadas.

A capacidade de replicação (autopoiese) do DNA é promovida pelo alinhamento da sequência de nucleotídeos que codificam proteínas que fazem mais alinhamentos, e esse é um fenômeno ancestral. Variações na ordem de alinhamento levam à fabricação de diferentes proteínas. Para cada tipo de célula, a leitura de uma fita de nucleotídeo é traduzida com significado diferente. Tal versatilidade codifica milhares de proteínas que dão o significado do fenótipo do indivíduo e regula seu metabolismo. Algumas proteínas com sítios ativos de reação enzimática catalisam as reações químicas.

Essa biotecnologia da natureza usa 20 aminoácidos para construir as cadeias de milhares de proteínas dos organismos vivos, animais e

vegetais na Terra. O códon de iniciação, presente nas letras iniciais de três nucleotídeos em sequência, comanda a ligação de aminoácido em cadeia. Cada fita de nucleotídeos é traduzida em diferentes significados pelas células autopoieticas.

Mutações

As transferências de fragmentos de DNA exógeno entre indivíduos procariotas e eucariotas são frequentes. Esse fenômeno determina o tipo de sexo biológico que enxerta pedaços de DNA em indivíduos da mesma espécie ou entre indivíduos de espécies diferentes. A transferência lateral de DNA de um indivíduo para outro pode fixar o DNA exógeno no genoma de qualquer célula somática ou germinativa, respectivamente, diploide com dois pares de cada cromossomo e haploide com um de cada cromossomo. Esse processo de transferência de DNA tem grande importância na gênese de mutações, que passam de uma geração para outra pela reprodução sexuada.

A herança da mutação potencializa a diversidade das espécies, uma vez que o DNA mutado pode ser recombinado, rearranjado e transferido para múltiplos *loci* genéticos, com efeitos sinérgicos. As cópias das mutações semeadas em muitos *loci* na mesma fita ou na fita oposta, no mesmo ou em qualquer outro cromossoma, podem ter repercussão fisiológica ou causar doença genética. Na maioria das vezes, as mutações, ainda que múltiplas, são neutras e contribuem para o crescimento do genoma.

Com o advento de ácidos nucleicos, a diversidade foi potencializada pela inserção de sequências de bases em posições aleatórias no genoma; as recombinações de mutações copiadas pela maquinaria de transposons e as sequências são transportadas para vários *loci*

genéticos, na mesma fita de um cromossoma ou em fitas opostas de outros cromossomos.

Leitura e cópia de mensagem genética são instantâneas, ainda que o DNA replique com auxílio de proteínas. Por último, a adição de nucleotídeos e de proteínas, em suspensão em meio líquido contendo a enzima *Taq*-polimerase e fonte de energia, promove a interação das moléculas em alta temperatura, e chega-se à síntese do DNA idêntico ao molde, em curto tempo. A síntese *in vitro* também mostra que o DNA em solução contendo os quatro nucleotídeos, a proteína *Taq*-polimerase e eletrólitos pode ser replicado no laboratório com alta fidelidade. Os seres complexos, animais ou plantas, que interagem guiados pelos fatores genéticos são chamados de *semes*.

Não é possível postular um momento dramático quando um cláron incidiu numa célula que iniciou a produção de DNA e RNA e a vida começou. A mente perceptiva sugere que muitos eventos dissipativos, tais como cadeias complexas de diferentes reações químicas, evoluíram em marcha e contramarcha até que as fitas de DNA de nosso primeiro ancestral foram produzidas com habilidade de replicar com alta fidelidade.

Essas moléculas são inextinguíveis e persistem como denominador comum da vida iniciada quando membrana de lipídios revestiu globos microscópicos de carboidratos, proteínas, DNA e RNA e a primeira célula procariota floresceu. As bactérias colonizaram a páatina planetária até que, em certo momento, há muitos milhões de anos, o dique evolucionário alcançou o ponto de partida do fenômeno vida: células com membranas, carboidratos, proteínas, DNA e RNA mensageiro comandaram o fenômeno na Era Pré-Fanerozoica (tabela 1). Nesse ponto, a evolução de moléculas na biosfera amadureceu e surgiu a vida na biosfera.

Na Era Fanerozoica, há 580 milhões de anos, DNA e RNA executaram suas funções prodigiosamente: multiplicaram, consumiram energia e químicos orgânicos, se organizaram em grumos revestidos por filme de lipídios, e se expandiram na biosfera. Atualmente, a biosfera se estende em volta da Terra até 10 km de profundidade e até cerca de 30 km acima, sobre o topo de montanhas com atmosfera baixa, alcançando a troposfera na altura máxima. As bactérias cresceram na água dos oceanos e produziram gases, depois, expandiram-se na superfície dos sedimentos onde ainda existem. A vida não se completa na atmosfera. Entretanto, alguns organismos passam algum tempo na atmosfera como sementes, esporos e ovos. Crianças curiosas encontram alevinos nas poças d'água, caídos com a chuva após período de maturação nas nuvens.

Biota microbiana

A microbiota, soma de toda vida microbiana e anciã que ocupa a crosta da biosfera, é composta por todos os seres vivos que se reproduzem e que, através dos tempos, fez a sua história no planeta Terra. O ciclo de matéria dita inorgânica, tais como rocha, barro e gases, é automodulável. A biosfera retém umidade e gases, como hidrogênio e metano, e as células, coletivamente, preservam água, carbono e hidrogênio.

A essência da vida é um tipo de preservação do passado no presente. As formas de vida ligam o passado e gravam as mensagens para o futuro: bactérias que expõem oxigênio remetem ao passado sem oxigênio. Fósseis mostram corpos de peixes desde muitos milhões de anos atrás. Sementes que germinam em temperatura muito baixa nos sugerem passado de invernos congelados. Embrião humano é

gravação das fases da história do desenvolvimento animal em seus estágios comuns a todos os seres vivos.

No planeta Terra, onde a vida se autorregula no curso de qualquer perturbação externa, os humanos e demais seres vivos são autotróficos. Mais de noventa e nove por cento das espécies foram extintas, mas a pátina planetária persiste por mais de três bilhões de anos, sustentada por trilhões de micróbios, no passado, no presente e em evolução para o futuro, pois o mundo visível é a parte que funciona graças à conexão com as atividades do microcosmo.

Os micróbios mantiveram a temperatura média amena e hospitaleira que sustenta a vida. Durante o Éon Proterozoico, os micróbios continuaram operando modificação na composição química da atmosfera, sem impedir a continuação da vida. A própria vida tornou-se suficientemente forte para promover condições que favorecem a sobrevivência das espécies, não obstante as adversidades ambientais.

Neste olhar otimista, a biosfera como berço das espécies vivas tem revelado que nosso papel na evolução é transitório e dissipável no contexto de rica parcela de conhecimento sobre os fenômenos naturais que trouxeram a vida até aqui, mas as circunstâncias conhecidas de agravos produzidos pelo *Homo imprudens* sugerem que nada está garantido. A poluição do ar e dos mananciais podem apressar a extinção da humanidade, mesmo que isso não tenha efeito na perenidade do microcosmo. Nossos corpos, com muitos bilhões de células e outras centenas de bilhões de bactérias, não sofrerão, pois a extinção será instantânea. Entretanto, ao morrermos, retornaremos ao terreno do chorume onde as bactérias reciclam a matéria orgânica de nossos corpos. O microcosmo continuará evoluindo em volta e dentro de nós.



Capítulo 4

PRIMÓRDIO DA VIDA

Somos feitos de poeira de estrelas. Nós somos uma maneira de o Cosmo se autoconhecer.

Carl Sagan (1938-1996)

Microorganismo mínimo

DNA, RNA, proteínas

Parasita do ambiente

Nutrientes escassos, vida tênue

Inovações, mutações, biotecnologias

Descendentes modificados

Diversidade e evolução

Nitrogênio, síntese de proteína

Fermentação de açúcares

Dióxido de carbono e ácido láctico

Vinho, cerveja, licores e queijos

ATP decompõe ingredientes

Longe da luz do sol

Na água sombreada de restingas

Cianobactérias, algas verde-azuis

Clorofila, fotossintetizante

Luz solar, capta e combina no dia

Dióxido de carbono e água à noite,

Produz açúcares, libera oxigênio

Biotecnologia da vida

De cianobactérias para plantas

Para viver há de movimentar
Hélice rotatória chamado flagelo
Chibata amarada na base do núcleo
Atravessa membrana, rodopia célula
Carga elétrica de dínamo biológico
Proteína em espiroquetas e protistas
Acessam nichos nutrientes.

Bactérias promíscuas
Emprestam DNA de vizinhos
Trocam sequências, sexo biológico
Dos vírus recebem DNA
Transferem para outros Reinos
Informação genética compartilhada
Memória passado primevo.

Registros de muitos estudos de fósseis foram analisados para fazer a datação da Terra. Documentou-se que, há 3.900 milhões de anos, a lava rica em sílica vazou na lama escura espessa e ali endureceu como quartzo. Os vulcões em atividade cuspiram cinza no ar e na água do mar da Suazilândia, onde atualmente fica a África do Sul.

As erupções vulcânicas erodiram e lançaram os destroços de rochas, empilhando-os em muitas camadas de pedras que, durante muito tempo, cobriram a crosta e forraram o fundo do mar. As cenas do evento se estenderam às montanhas em muitas centenas de quilômetros na Suazilândia, em camadas com até 10 km de espessura. Os estudos microscópicos das secções de rochas africanas mostraram, há 3.900 milhões de anos, objetos circulares, esferas e filamentos, arqueobactérias semelhantes a algas verde-azuis.

Até a metade do século XIX, muitos achavam que a vida teria começado há cerca de 570 milhões de anos, durante a explosão Cambriana.

Ainda não havia sido encontrado esqueleto de animais no interior de rochas primitivas, pré-cambrianas. Por último, registros fósseis descobertos na Sibéria, Austrália e China mostraram esqueletos de animais e as datações indicam que a vida na Terra é muito mais antiga. As rochas sedimentares nos arredores do Polo Norte guardam e testemunham cemitérios de bactérias com 3.800 milhões de anos, ou seja, do Éon Arqueano. Ali, nos cemitérios os isótopos C^{13} e C^{12} do carbono (C^{14}), foram identificados como os principais elementos da composição da vida de organismos fotossintéticos. Os isótopos de carbono tinham características de grafite quando a argila em alta temperatura e pressão foi transformada em rocha. Foi possível verificar que algas verde-azuis têm datação da Era Pré-Cambriana, há 2.500 milhões de anos, quando cianobactérias faziam a fotossíntese na Terra pelo menos nos milhões de anos antecedentes.

Formação de novos organismos

A transição de matéria inanimada para bactéria tomou mais tempo do que a passagem de microrganismo para outras formas de vida. A separação da junção vital entre o ambiente terrestre e os microrganismos é impossível, mesmo sabendo a diferença entre substância viva e não viva. As primeiras células tinham de captar energia para manter a integridade e se defender das forças hostis. Para isso, necessitavam de água e alimento — carbono e nitrogênio — para sobreviver no ambiente em mudanças constantes. Cada impacto de meteorito ou emissão de gases vulcânicos gerava crise ambiental: seca ou inundações. Técnicas sofisticadas de análises fósseis foram desenvolvidas.

Secções translúcidas de quartzo microcristalino, mais finas que folha de papel, foram analisadas ao microscópio com luz polarizada,

ultravioleta ou fluorescente. Os micróbios fossilizados foram vistos tão claramente que os cientistas os distinguiam das bactérias vivas. Outros métodos foram empregados em análises diretas de fósseis, cuja matéria orgânica podia ser liberada pela rocha triturada e tratada com soluções alcalinas ou ácidas. O extrato da rocha era analisado em aparelho de cromatografia, que separa cada molécula da rocha solubilizada. Com essas análises, foram reconhecidos os conteúdos de fósseis orgânicos. A presença de diferentes isótopos de carbono permitiu a identificação de formas da vida primeva.

O conhecimento sobre o funcionamento da célula orientou biólogos e paleontologistas ao longo da busca dos sistemas químicos complexos nos registros fósseis. Com auxílio de técnicas sofisticadas, os cientistas têm revelado os mistérios da vida microbiana progressiva. As biotecnologias mais recentes, usadas com sabedoria e humildade, contam a história da infância da vida.

Os grumos de DNA, RNA, enzimas e proteínas compunham o organismo mínimo, com pouca habilidade metabólica, visto que os componentes não podiam operar propriedades suficientes para a montagem de genes que orientassem a síntese dos compostos que produzem energia.

Essas bactérias primevas miniaturizadas agiam como parasitas e obtinham o que era possível encontrar no ambiente. Mas a festa durou pouco; os nutrientes escasseavam e inibiam o crescimento. A vida flutuava tenuamente na dependência de carbono, nitrogênio e água, nutrientes resultantes da energia solar. Nesse contexto, a habilidade do DNA multiplicar a si mesmo foi essencial para a continuação da vida. Entretanto, a aceleração do processo evolucionário necessitava de operações essenciais para adaptação às incessantes alterações ambientais. Os micróbios responderam rapidamente com o enxerto de mutações no DNA.

As mutações foram fundamentais como empreendimento biotecnológico de fabricação de descendentes com modificações que geram diversidade. Portanto, evolução da espécie significa produção de descendente com modificação.

As bactérias reproduzem por divisão ao meio, incessantemente, quando há nutrientes e luz como fonte de energia. Uma bactéria se divide a cada 20 minutos e produz uma massa de células incontáveis em dois dias, quantidade superior ao número de humanos que existem e que já existiram. A cada um milhão de divisões, surge uma bactéria diferente dos ancestrais. De grande importância, a bactéria mutante bem-sucedida pode multiplicar-se e dar origem diferente daquele seu único parental.

Muitos fatores, tais como variação de temperatura, quantidade de luz e concentração de sais na água, agem como mutagênicos. Diante do estresse e da falta de nutrientes, cada nicho ecológico na pátina planetária acumula variedades de bactérias diferentes. Esses *semes* desenvolveram novas vias metabólicas e processaram nutrientes obtidos de outras fontes para produzir energia. Uma dessas inovações foi a respiração oxidativa que capacitou a bactéria a usar nutrientes do alimento para fabricar ATP e liberar energia.

Fosforilação oxidativa

A fosforilação oxidativa é a etapa da respiração de bactérias aeróbicas, essencial para oxidar moléculas que participam de reações que formam novas moléculas de ATP e produzem energia na presença de oxigênio. Na membrana da mitocôndria de toda célula viva, ocorre a respiração oxidativa de nutrientes que libera energia química produzida

e transportada na cadeia de elétrons. A oxidação de nutrientes dos alimentos libera energia química na crista mitocondrial onde se processa a quimio osmose e síntese do ATP.

O oxigênio entra na cadeia de transporte e usa elétrons e prótons para produzir mais ATP e mais energia. Ao passar elétrons de uma molécula de ATP para outra forma-se gradiente eletroquímico com liberação de mais energia. A fosforilação oxidativa fornece a maior parte da energia química pela via da redução enzimática do ATP, ADP e AMP. Por meio da quimiosmose, a fosforilação oxidativa regenera todo o ATP que produz mais energia pelo aporte de oxigênio.

Na ausência de oxigênio, não se processam as reações necessárias ao funcionamento do transporte de elétrons e as células morrem.

Desde que as bactérias desenvolveram a respiração oxidativa, a fermentação de carboidratos tornou-se importante inovação biotecnológica. Hoje em dia, são construídos fermentadores com proteínas como fonte de nitrogênio, e açúcares que são transformados pelas bactérias em dióxido de carbono e álcool, ingredientes de vinho, cerveja e licores, e produz o vinagre, o ácido láctico, que azeda o leite e é usado para fabricar queijo. A fermentação requer uma molécula de ATP para decompor cada molécula do ingrediente. Como a luz do sol tende a cortar o DNA, as bactérias preferem ficar na mistura de ingredientes em decomposição nos fermentadores, ou na lama da água suja, distante da luz solar.

Alguns micróbios consomem os restos eliminados por outras bactérias, tal como fungos, que se alimentam de excrementos. A cadeia de fermentação natural opera nos pântanos, na lama de lagos e nas restingas do mar. Nesses nichos, sempre há algo que fermenta quando há oxigênio e luz solar. O ciclo de transformação carbono-energia é feito em processadores de restos de alimentos e o seu reverso existe

para transformar os restos em alimentos. Esse processo cíclico de fermentação metabólica nos seres vivos é a via mais eficiente de produção de ATP, a verdadeira fábrica de energia em nossas células.

Produção de energia pela via das porfirinas

Um fermentador gigante, composto pelos descendentes de grupo de bactérias, conhecido como *Clostridium* ou Vibrião, que respira sulfato e emite gás sulfuroso, foi criado pelos micróbios durante o Éon Proterozoico. Em pântanos e restingas, os vibriões transformam sulfato em sulfeto de hidrogênio, gás dos pântanos. Para metabolizar sulfato, a bactéria sintetiza uma molécula chamada porfirina, que capta elétron e gera mais energia durante o processo.

As porfirinas — moléculas de quatro anéis pirrólicos que acomodam no centro um íon metálico ao qual se liga pelos átomos de nitrogênio — formam moléculas de hemoglobina e de clorofila que acomodam, respectivamente, os metais ferro e magnésio nos anéis pirrólicos.

A estrutura das moléculas em anel faz com que a luz seja absorvida em diferentes comprimentos de onda, resultando nas cores vermelha ou verde, respectivamente, na presença de ferro ou de magnésio. Quando excitadas pela luz solar, as porfirinas adquirem energia suficiente para quebrar moléculas de água e liberar hidrogênio e oxigênio. O grupo heme da protoporfirina, proteína cíclica que liga o átomo de ferro na molécula da hemoglobina nas hemácias, capta o oxigênio do ar e leva-o para as células do corpo de seres vivos do Reino Animal. Os humanos maratonistas agradecem esta biotecnologia dos microrganismos procariotas que lhes dão aporte suficiente de oxigênio para correr longas distâncias.

Com a adição de porfirinas ao repertório de moléculas, muitos tipos de bactérias passaram a usar a mais abundante fonte de energia da Terra: a luz solar. Quando a molécula de porfirina absorve luz, seus elétrons passam ao estado mais elevado de energia que pode ser dissipado como calor ou luz até retornar ao seu estado normal. Mas, ao se ligar às moléculas de porfirinas combinadas às proteínas transportadoras de elétrons, a energia retida como ATP fica disponível para síntese e conversão de dióxido de carbono da atmosfera em alimentos derivados de compostos do carbono, açúcares necessários para processos endógenos, crescimento e movimento do corpo.

Fotossíntese

Durante a fotossíntese, processo pelo qual bactérias e plantas conseguem obter alimento, a energia solar é transformada em energia química. O processo de fotossíntese ocorre nos tecidos ricos em cloroplastos, como as folhas verdes. A clorofila consiste em um grupo de pigmentos fotossintéticos encontrado em plantas, cianobactérias e algas verde-azuis. A cor verde da clorofila é consequência do espectro eletromagnético da absorção que reflete a cor. Localizada no cloroplasto da célula, a clorofila de organismos fotossintéticos produz os nutrientes em plantas, pela transformação da luz solar em energia química, devido à habilidade de utilizar a luz para transformar dióxido de carbono e água em carboidrato e oxigênio. A reação fotossintética varia com o ciclo dia-noite, pois a clorofila absorve o dióxido de carbono da atmosfera durante o dia e devolve o oxigênio durante a noite. A energia química potencial produzida pela fotossíntese é armazenada nos açúcares.

A biotecnologia original de produção de alimento a partir do ar atmosférico e da luz solar pela fotossíntese é apanágio das plantas. A evolução da fotossíntese é, sem dúvida, a mais importante inovação na história da vida no planeta, primeiro em cianobactérias e depois em plantas. A fotossíntese em bactéria é diferente daquela de planta, pois a bactéria que aprecia luz solar retira o oxigênio diretamente da atmosfera e o combina com carbono. Durante o Éon Arqueano, o gás sulfeto de hidrogênio eliminado pelos vulcões era mais abundante na Terra primeva do que o é agora.

Durante algum tempo, o hidrogênio foi excluído da atmosfera, e, então, muitas bactérias fotossintéticas usavam o sulfeto de hidrogênio produzido mediante fermentação microbiana, quando respiravam o gás e eliminavam o enxofre condensado. Ainda hoje, os descendentes dessas bactérias verdes ou púrpuras sulfurosas realizam esta função, dependente de exposição à luz.

A origem de flagelos e cílios

A origem de movimento rápido em bactéria foi conectada a uma estrutura rotatória chamada flagelo, que sai do núcleo e atravessa a membrana da célula. Em forma de chicote, ligado à base do núcleo da bactéria, o flagelo rodopia a célula pela força da carga elétrica de seu dínamo protonado. O flagelo é formado de flagelina, uma proteína ligada no motor orgânico que o faz mover em ciclos. Os flagelos externos de espiroquetas e de protistas têm forma de saca-rolha, mas podem ser internalizados durante a fase de reprodução sexuada.

As espiroquetas são bactérias fermentadoras primitivas com movimentação rápida essencial para as oportunidades de acesso a diferentes

nichos e aquisição de nutrientes. Durante o Éon Arqueano, esses procariontes e eucariontes primitivos, vírus, bactérias e protistas eram promíscuos e desenvolveram interações simbióticas. Viviam em caldos ricos em sais que absorviam luz ultravioleta e não impediam passagem de luz visível.

Ao desenvolver pigmentos protetores de radiações letais, esses micróbios formaram colônias imensas e modificaram o relevo da crosta visível. Mas os micróbios do topo das colônias se protegeram das radiações mediante cobertura com areia e argila. Ainda hoje, tapetes de micróbios e argila recobrem os relevos arqueanos lavados pela chuva. As camadas orgânicas são vistas em todas as partes do globo terrestre. Esses tapetes são exemplos vivos do grande império bacteriano que sobrevive desde a antiguidade remota.

Além do filtro protetor, a estratégia de sobrevivência dos microrganismos visou proteção contra danos causados pelos raios solares. Tais atributos consistiram no desenvolvimento de mecanismos de reparo do DNA lesado pela radiação, importante para proteção da montagem do microcosmo e do restante da biosfera. A destruição do DNA pela luz ultravioleta ocorria pela formação de dímeros de timina. Esta base nitrogenada se liga à adenina complementar, exceto quando a radiação ultravioleta corta o DNA e a timina se liga à sua similar.

Quando isso acontece, a sequência de DNA fica imprestável. As enzimas reparam o defeito pela remoção da parte e pelo preenchimento com nova sequência de DNA funcional. Ao analisar o efeito da radiação ionizante sobre o DNA, os cientistas descobriram como cortar o DNA e este foi um passo importante para a nova biotecnologia conhecida como engenharia genética. Todos os organismos têm mecanismos de reparo porque as enzimas podem ser ativadas pela luz.

Alternativamente, ao invés de usar suas próprias cópias de DNA, as bactérias pegam emprestado o DNA de seus vizinhos. Isso significa que informações genéticas, em pedaços de DNA de origens diferentes, passam para outras linhagens de bactérias. Nesse contexto, troca de sequências de DNA tem significado biológico de sexo, inovação que foi introduzida nos seres vivos durante o Éon Proterozoico, há cerca de 2.000 milhões de anos. As trocas rápidas de DNA entre as bactérias permitem que as informações genéticas sejam compartilhadas no microcosmo com velocidade similar à da telecomunicação atual. Nessa movimentação incessante, populações de bactérias passam a herança genética de uma colônia para outra.

Frequentemente, as bactérias substituem seus genes fragmentados pelo DNA sadio emprestado de vírus, de micróbios procariotas e de protistas eucariotas. A promiscuidade de bactérias é essencial para a sobrevivência, visto que as mutações rápidas tornam o agente da infecção resistente aos antibióticos. Como fenômeno biológico, é inconteste o dito de que sexo sem limite entre os microrganismos aumenta a complexidade do microcosmo. O aporte de novos genes é fundamental para a sobrevivência em um ambiente hostil como aquele resultante do uso indiscriminado de antibióticos e de pesticidas. Só assim os micróbios se mantiveram no jogo da evolução.



Capítulo 5

SEXO E TRANSFERÊNCIA DE DNA

O processo evolucionário provê resistência contra a eugenia e outras formas de determinismo porque a natureza complexa e diversa não tolera repetição.
Theodosius Dobzansky (1900-1975)

Engenharia genética
Reprodução de espécies
Gametas conjugam
Genes recombinam
Biotecnologia essencial
Namoro pré-histórico
Evolução Éon Proterozoico

Animais e plantas
Genomas modificados
Metabolismo e fenótipo
Adaptação seletiva
Microrganismos protistas
Suingues e agregados
Plasticidade adaptativa

Em cada canto do Planeta
Micróbios sincronizam
Interações íntimas,
Reciclagem de rejeitos
Purifica água, fertiliza o solo
Produz gases, estabiliza atmosfera.
Fungos, plantas, animais

Bactérias elaboram
Biotecnologias inextinguíveis
Fazem planeta habitável
Humanos produzem chorume
Reciclado pelos micróbios
Interações inteligentes
Compartilhamento de informação

Micróbios adoecem animais e plantas
Tuberculose, meningite, sífilis, lepra.
Pandemia Covid, vírus infectante.
Diversidade de códigos genéticos
Protegem a vida
A humanidade sobrevive.
Na ciência não há “impuro ou possuído”.

Sexo é uma inovação biotecnológica romanceada de micróbios primevos e um processo natural de perpetuação de todas as espécies de seres vivos que se multiplicam, até que sejam extintas por cataclismas ou pela imprudência de humanos suicidas. Os vírus infectam plantas e animais, mas a transferência e a integração de sequências do DNA ou do RNA viral no genoma do hospedeiro infectado ocorre durante a divisão da célula eucariota. A dependência de uma célula hospedeira para sua sobrevivência exclui os vírus da lista dos seres vivos. De fato, os seres vivos possuem autonomia de reprodução e aquisição de nutrientes, atributos que os vírus não têm.

O sexo biológico consiste na transferência de DNA para indivíduos da mesma espécie ou de espécie diferente. O primeiro tipo de sexo no planeta foi a transferência e integração de DNA nas células procariotas. Há 3.900 milhões de anos, durante o Éon Arqueano, o sexo evoluiu entre as bactérias e a engenharia genética da reprodução das espécies

permanece até os dias de hoje. Na definição mais simples, sexo é simplesmente a recombinação de DNA de mais de uma fonte. De todos os acontecimentos importantes no mundo dos vertebrados, a recombinação de genes é a mais essencial no processo de reprodução pela conjugação do gameta do homem com o óvulo da mulher. É impossível separar o conceito de sexo biológico com o nosso estilo de reprodução. Entretanto, a sexualidade não é essencial para a reprodução de quatro dos cinco reinos de seres vivos.

As bactérias crescem sexuadamente e dobram a quantidade pela replicação de seu DNA compartilhado, uma cópia para cada nova célula. Alternadamente, o microrganismo pode esporular e encapsular o DNA para sobreviver por longos períodos sob condição adversa, voltando a germinar quando as condições ambientais são favoráveis. Em qualquer condição, os microrganismos passam material genético de um para o outro, mesmo após a morte. Foi comprovado que o DNA, e não a proteína, tem a propriedade da transferência dos caracteres hereditários do indivíduo morto. O micróbio pneumococo causador de pneumonia pode, após sua morte, doar seu DNA ainda intacto e transferir os genes para o mais próximo de sua espécie. A esta modalidade de transferência de DNA, deu-se a designação de sexo depois da morte.

Uma bela conquista da ciência foi a descoberta do RNA e da fita dupla do DNA, macromoléculas que se replicam autonomamente e reproduzem com mutações que são transferidas aos descendentes. Essas descobertas foram feitas por cientistas solitários que trabalhavam isolados e longe de publicidade. Em poucos casos a sociedade em geral soube ou se interessou pelos descobrimentos da genética molecular, da bacteriologia, e da medicina, como fenômenos exclusivos da vida no microcosmo.

Desde então, os cientistas não se cansam de mostrar como as bactérias permutam pedaços de DNA, uma forma promíscua de fazer sexo. Ainda assim, cada bactéria tem, pelo menos, 300 vezes menos DNA do que uma célula nucleada humana. Ter menos não significa condições inadequadas de sobrevivência, haja vista que as bactérias têm mais flexibilidade e habilidade adaptativa do que os humanos.

Os homens e a maioria das plantas e dos animais não podem fazer alterações dramáticas no genoma, e, por isso, não fazem modificações bruscas do metabolismo e do fenótipo. A imensidão de células interconectadas e sincronizadas de animais e plantas têm potencial genético adaptativo reduzido. O suíngue genético das bactérias é constante, enquanto, entre os organismos complexos, isso acontece em poucos casos, de tempos em tempos, devido a restrições da parceria sexual e da sociedade. Por essa razão, os eucariotas ficaram congelados em blocos genéticos, enquanto as bactérias que fazem trocas frequentes de genes têm fluidez de líquidos e volatilidade de gases. Como as bactérias compartilham seus genes incessantemente, inexistem espécies, raças ou cepas de bactérias. Cada bactéria é um clone de células altamente especializadas.

As bactérias possuem moléculas de DNA autorreplicável, visitantes de outras bactérias doadoras. A parte visitante recebe o nome de replicon, logo incorporado e incluído no metabolismo da bactéria receptora. Se o replicon não for funcional, logo será eliminado. Ademais, sequências de DNA viral, não replicável na sua origem, invadem células eucariotas e podem alterar mensagens do DNA local. As sequências virais invasoras recebem o nome de transposons quando têm origem em DNA viral, e de retrotransposons quando têm origem em RNA viral.

O sequenciamento de genomas mostrou ampla transferência de DNA entre vírus e bactérias, como o DNA de mamíferos, por exemplo,

que tem sequências importadas de vírus e de elementos móveis, transponíveis (75% do genoma). Um exemplo disto é visto na água de oceanos com mais de um milhão de vírus em 1 mL. A maioria desses vírus são fagos que infectam bactérias. Em razão da alta concentração de vírus e bactérias na água do mar, calcula-se que a transferência de DNA entre os organismos ocorra na frequência de bilhões de vezes por segundo. Como molécula repositória da programação da vida, sua transferência de um indivíduo para outro pode produzir alterações genéticas, em muitos fenômenos da evolução, e na emergência de pandemias e outras ameaças à saúde.

São conhecidos marsupiais com cromossomos diferentes de seus pais, possivelmente, em decorrência de infecção por retrovírus. A evolução de sexo tem relação com a proliferação de elementos móveis do tipo retrotransposon com maquinária de enzimas, endonuclease e transcriptase, como as que compõem o vírus HIV.

O retrotransposon com 1.400 nucleotídeos é equipado com sequências gênicas que codificam enzimas as quais guiam a inserção de sequências exógenas em múltiplos *loci* genéticos em vários cromossomos. Cerca de quatrocentas mil cópias de fragmentos de transposons são elementos transponíveis curtos que guiam mutações para múltiplos *loci* em diversos cromossomos. A dança das sequências de DNA se chama recombinação, embaralhamento e carona de pedaços de sequências que mudam de um *locus* para outro, no mesmo cromossomo, ou para outros cromossomos à distância.

A velocidade com que os micróbios desenvolvem resistência a drogas e se disseminam está associada à resistência de comunidades de bactérias aos antibióticos, e é proporcional à eficiência de suas redes de comunicação. O gene que codifica a enzima que digere a penicilina teve

origem numa bactéria do solo e, pela ação de fagos de vírus, infectou comunidades de estafilococos nos hospitais. Os estafilococos infectados pelos fagos são resistentes à penicilina. Diferentemente, uma espiroqueta que causa sífilis continua susceptível à penicilina porque não tem o gene que codifica a enzima que digere o antibiótico.

Todas as bactérias funcionam no cerne da natureza. No seu nicho ecológico, comunidades de diferentes bactérias se juntam para adequar o ambiente pelo acréscimo de nova enzima. Cada conjunto de cópias coordena a liberação de mais enzimas, seus ciclos sincronizados liberam produtos que regulam os próximos ciclos e potenciam a modificação de nichos ecológicos. Todas essas funções não podem ser exercidas por um só indivíduo. Bactérias chegadas em aventuras nunca funcionam isoladamente, mas os seres eucariotas mais complexos tiveram de esperar milhões de anos pela mutação randômica que produziu uma enzima essencial para agilizar uma via metabólica.

Os times de bactérias são para a natureza o que os órgãos internos são para nós. Dispersas em cada canto do planeta, o ajuste do relógio biológico responde à necessidade de forma sincronizada. Na biosfera, as equipes de bactérias interagem com plantas, animais e fungos no mundo eucariota. Essa maneira de processamento condicionou todo o planeta a reciclar e reaproveitar a matéria orgânica, purificar a água, fertilizar o solo e produzir gases que estabilizam o ambiente. Esses consórcios operam em sincronia, na dinâmica de cada organismo.

O efeito estufa é fenômeno natural que estabiliza as temperaturas médias globais, lembrando uma estufa agrícola que permite a entrada de luz do sol, mas impede a passagem de ondas de calor. O efeito ocorre quando os gases da atmosfera absorvem irradiação infravermelha, o que aumenta a temperatura na superfície da Terra e na atmosfera. É o que

acontece com um carro exposto ao sol. Se você permanecer dentro do carro com os vidros fechados, a temperatura aumenta e isto gera mal-estar.

Em razão da inércia térmica dos oceanos terrestres e outros fatores indiretos, o clima da Terra pode estar em desequilíbrio devido a condicionamentos de poluição da atmosfera. A emissão dos gases estufa, como o CO_2 , aumenta com a mobilidade humana. Os principais gases do efeito estufa são CO_2 , metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e os derivados do clorofluorocarbono (CFC-12, CFC-11, HCFC22). Em decorrência do acúmulo desses gases na atmosfera, supõe-se que o aumento da temperatura derreteria as geleiras, provocando inundação e extermínio de animais e plantas. Contudo, o efeito estufa tem mantido a temperatura em níveis relativamente estáveis. Nos últimos 200 anos, teria havido aumento de 1 grau Celsius e alguma alteração climática.

Os gases do efeito estufa atuam na absorção de radiação infravermelha que aquece a superfície da Terra e a atmosfera. A alta concentração de ozônio (O_3) nas camadas mais altas da atmosfera faz a filtração da radiação ultravioleta, entre a troposfera e a estratosfera, de 15 a 25 km acima da superfície da Terra. Sem os gases do efeito estufa, a temperatura da Terra baixaria até 90° Celsius, tornando-se inabitável. Os cientistas discutem a extensão de alterações na composição de gases atmosféricos com possíveis consequências negativas.

Ao vapor d'água se alocam 36 a 70% do efeito estufa natural. O CO_2 produzido pela queima de combustíveis fósseis em motores e caldeiras, queimadas e desmatamentos (60%) e as termoelétricas respondem por 7,6%. O dióxido de carbono (CO_2) é o principal fator de poluição, bem como o metano (CH_4), produzido pela decomposição orgânica, e os gases dos óxidos de nitrogênio (NOx), que atuam na estratosfera e desequilibram o efeito estufa.

No Brasil, as queimadas e o desmatamento são responsáveis por 26,7% das emissões de gases. A fermentação entérica é responsável por 18,4% das emissões, sendo que os bovinos são os principais emissores de gás metano. A ausência de saneamento básico, nas cidades e no campo, é indicadora importante de estágio civilizatório. De fato, o ambiente é tão interconectado com bactérias e as influências mútuas são tão intrincadas que é impossível separá-las e dizer onde termina e onde começa a questão ambiental.

Muitos especulam, e muitos continuam a pensar e dizer que as condições ambientais estão piorando (Julian Simon, 1932-1998).

DNA e RNA de bactérias ficam disponíveis em módulos flexíveis. Seus fragmentos funcionam como instrumentos da evolução. Quando um vírus entra nas células nucleadas, eucariotas, as instruções estranhas produzem dano. No entanto, as bactérias coabitam com as células sujeitas à infecção com DNA ou RNA viral. Nessa circunstância, há necessidade de constante adaptação e novas recombinações ocorrem em todas as células de seres vivos.

Qual a limitação, rigidez e imutabilidade da vida entre os seres eucariotas? Na imensidão da energia macrocósmica, a complexidade dos seres vivos é apanágio da flexibilidade das trocas genéticas. Se as trocas fossem possíveis apenas durante a reprodução, ficaríamos contidos no limite de nossa espécie, de nosso corpo e de nossa geração. Todavia a genética mostra que nós, os eucariotas, passamos nossos genes lateralmente — de indivíduo a indivíduo —, e verticalmente — de geração em geração —, enquanto os procariotas o fazem horizontalmente — de indivíduo a indivíduo —, na mesma geração.

Em consequência disso, a flexibilidade das bactérias as fez funcionalmente imortais. Em contraste, para nós e os demais eucariotas, o sexo tem ligação com a morte, pois a nossa herança genética continua na geração seguinte.

A aliança de microrganismos com animais e plantas que não poderiam viver sem ajuda foi providencial. As bactérias, com seu incontido sistema de regulação autônoma, estabilizaram as condições climáticas da Terra com seus gases atmosféricos reativos e fizeram o planeta habitável. As atividades de times de bactérias funcionam como computador com imenso estoque de dados — genes procariotas — e rede de comunicação global que processa mais informação do que o cérebro de mamífero.

O desenvolvimento do *Homo sapiens* foi potenciado pelos jogos eônicos de times de bactérias que antecederam a inteligência humana com as técnicas de interação, obtenção e transmissão da informação. Dessa forma, bactérias e humanos fizeram muitos instrumentos e sabem como usá-los. Porém, apenas as bactérias carregam suas biotecnologias ao longo da vida. Os humanos transmitem informação para os filhos, enquanto as bactérias e os protistas as transmitem para os de sua espécie e para outros organismos de diferentes espécies. Em consequência, a humanidade e o microcosmo mantêm um *pool* de tecnologias que não se extingue.

Algumas noções sobre o microcosmo parecem hostis após a descoberta de micróbios causadores de peste, tuberculose, lepra, febre aftosa, meningite, doenças venéreas e demais doenças infecciosas de animais e de plantas. Por longo tempo, as bactérias ganharam uma pecha de ameaça à sociedade. As pandemias causadas pelas bactérias e pelos vírus levaram os estudiosos ao reconhecimento e à amplitude do fenômeno da transferência genética que acrescenta diversidade às

populações de humanos e demais seres vivos, fazendo-os susceptíveis ou resistentes aos agentes infecciosos. Jamais a verdadeira ciência albergou as ideias de “impuro” ou “possuído”; as descobertas mais recentes sobre os antibióticos que curam doenças, bem como as medidas preventivas de higiene, descartaram visões negacionistas que dificultam a proteção da vida.

O intelecto humano aprecia a importância de microrganismos essenciais para o funcionamento do corpo, sabendo que a saúde não é alcançada pela destruição imperativa da biota. Muitas vezes a saúde depende da restauração da comunidade de bactérias no seu corpo. À medida que se substitui abordagem de extinção pelo entendimento do fato dos micróbios serem nossos ancestrais, perde-se o medo e a repugnância e ascendem o respeito e a reverência. As bactérias inventaram a fermentação, energia captada de prótons, fotossíntese e fixação no solo do nitrogênio retirado do ar, muito antes de criar a comunidade de seres vivos. Considerando que os humanos permanecem separados e apenas ocasionalmente cooperam, quando trabalham em equipe, talvez, a humanidade tenha chance de funcionar com a sabedoria dos micróbios no microcosmo ancião.

A passagem da sociedade industrial do carvão e do motor de combustão para a sociedade pós-industrial de televisão, computadores e internet pode ser comparada pelas diferenças entre força física e cérebro. A metáfora pode ser aplicada aos recursos da Terra. De um lado, a energia fóssil do carvão, petróleo, gás natural, armazenados após milhões de anos. Do outro, a microeletrônica da fotossíntese, engenharia genética, epigenética do desenvolvimento de embrião e outras tecnologias naturais. O acesso a tais informações aumentará a fluência em tais mistérios, não importa o quanto custe em tempo e

investimento, a investigação científica nos levará muito além do que sabemos agora. A reprodução sexuada gera diversidades e potencializa mentes criativas que abrem caixas pretas, infinitos segredos da vida.



Capítulo 6

ACONTECIMENTOS NO PROTEROZOICO

Nem sempre o que se repete é redundante. Muitos cataclismas aconteceram ao longo de milhões de anos. Os seres que desapareceram foram substituídos por novas formas de vida mais adaptados à sobrevivência.

Bactérias fotossintéticas
Transportadoras de elétrons
DNA, moléculas de ATP
Fonte de energia, hidrólise
Hidrogênio e dióxido de carbono
Alquimia de algas verde-azuis
Salto evolutivo da vida na Terra.

No mundo Proterozoico
Micróbios procariotas
Fertilizam a Terra
Compostos reciclados na água
Sistemas metabólicos enzimáticos
Retiram oxigênio tóxico do ar
Nasce o ecossistema planetário.

No Éon Proterozoico
Vulcões fumegantes
Lagos verde-azuis
Nuvens de espuma nos rios
Colônias de bactérias flutuam
Chuvas de esporos, água barrenta
Holocausto de oxigênio

Terra envenenada
Oxigênio tóxico mortal
Corrói metais, contamina ambiente
Bactéria fotossintética reage
Sequestra elétrons
Pelas vias metabólicas
Reativa carbono, hidrogênio e enxofre

Micróbios inventores
Cianobactérias fotossintéticas
Captam a luz do sol
Produzem açúcares
Dióxido de carbono e água
Oxigênio deletado
Hidrogênio sobe ao espaço.

Na aurora do Éon Proterozoico, há 2.500 milhões de anos (tabela 1), cada polegada da superfície da Terra já estava repleta de bactérias. Esses microrganismos defenderam-se prontamente da radiação com desenvolvimento da capacidade infectante, sexo, organização em colônias e outras invenções que caracterizam a inteligência dos micróbios. No Proterozoico, foram inventados muitos outros instrumentos, tais como o carotenoide púrpura da vitamina-A protetora de luminosidade intensa. Hoje em dia, o caroteno é precursor da rodopsina, pigmento da retina dos olhos. As invenções jamais se perderam.

Os seres vivos na biosfera de antigamente eram procariotas, sem núcleo. A fúria da explosão no cosmos, seguida de aquecimento e resfriamento compatíveis com as reações dos átomos de elementos químicos, levou às modificações da atmosfera da Terra nos primórdios do Éon Hadeano, iniciado há 4.500 milhões de anos, quando ainda existiam rios, lagos, oceanos e massa da matéria sólida. O planeta era bola

que cuspiam fogo e lava derretida pelo calor resultante do decaimento radioativo de urânio. Logo, a água que jorrava em jatos oriundos do interior em direção à superfície da Terra era tão quente que passava ao estado de vapor na atmosfera. Os genes dos seres vivos dispersos no citoplasma não eram empacotados em cromossomos envoltos pela membrana nuclear, mas já contavam com sistemas metabólicos e enzimáticos. Os gases reciclavam compostos solúveis na água sobre a superfície da Terra, onde foram criados os fundamentos do ecossistema planetário.

No Éon Proterozoico, uma grande revolução retirou oxigênio da atmosfera e fez com que os microrganismos anaeróbicos saíssem do subsolo e da água profunda, onde ficaram preservados após mais de três bilhões de anos. Para o observador casual, o mundo da era Proterozoica parecia raso e pantanoso, com vulcões fumegantes e lagos verde-azuis, onde nuvens de espuma cobriam mananciais e rios, salpicando o solo pantanoso com respingos de esporos brancos. As colônias de bactérias alcançavam o horizonte e, ao longo do caminho, penetravam nas fendas das rochas. Redes de bactérias filamentosas e chuvas de esporos se espalhavam nas fronteiras de águas barrentas.

Holocausto de oxigênio

Até cerca de 2.000 milhões de anos atrás, não havia oxigênio na atmosfera terrestre. Foi então que cianobactérias verdes fotossintéticas, ávidas de hidrogênio, encontraram a água, o que iniciou a grande crise de moléculas de oxigênio, gás venenoso acumulado na atmosfera. A crise foi gerada pela fotossíntese em ambiência de micróbios imobilizados pela quantidade crescente do oxigênio tóxico. Aquelles micróbios reagiram com a invenção de instrumento intracelular para desintoxicar

o poluente venenoso. No entanto, diante da demanda incessante pelo hidrogênio para síntese de compostos de carbono, o oxigênio quase foi eliminado da atmosfera. Hoje em dia, a atmosfera da Terra tem apenas 0,3% de dióxido de carbono e o gás hidrogênio escapou para o espaço, onde interage com outros elementos. Até mesmo o sulfeto de hidrogênio expelido pelos vulcões era insuficiente para suprir a vasta comunidade de bactérias fotossintéticas que dominaram o solo e as águas durante o Éon Arqueano.

A Terra tinha muitas fontes de hidrogênio e água. As ligações fortes são covalentes entre átomos de hidrogênio na molécula da água (H_2O), sulfeto de hidrogênio (H_2S) e o metanal (CH_2O) estáveis. Na atmosfera pobre em oxigênio, a crise da escassez foi resolvida pela fotossíntese de micróbios verde-azuis, ancestrais das cianobactérias, e a crise foi resolvida para sempre. As bactérias fotossintéticas organizaram, no seu interior, cadeias transportadoras de elétrons. Muitas dessas bactérias duplicaram o DNA codificador das cadeias de transporte e se tornaram mais competentes para capturar a luz do sol necessária à construção de mais moléculas de ATP usadas na fotossíntese. Este segundo reator podia absorver quantidade maior de luz, de alta energia em comprimentos de ondas curtos, capaz de promover a separação da molécula de água em hidrogênio e oxigênio. O hidrogênio livre era capturado e ligado ao dióxido de carbono (CO_2) para formar ácido carbônico a partir de gotículas de água ($H_2O + CO_2 = H_2CO_3$). Essa alquimia de algas verde-azuis tirava hidrogênio da água e essa biotecnologia mudou a história da vida na Terra.

Com duas fontes de energia, as cianobactérias geraram mais ATP que acessava todo o hidrogênio disponível em cada nicho e com a luz solar produzia dióxido de carbono a partir da água, sobre toda a superfície terrestre.

Na terra primeva, as manchas verde-azuis espalhavam-se sobre argila e minerais, larvas vulcânicas, mananciais e leitos de rios. Essas bactérias produziam muitos resíduos, pois tomavam sulfeto de hidrogênio (H_2S) e liberavam enxofre (S); tomavam água e liberavam oxigênio (O_2). O oxigênio era tóxico mortal e o gás ameaçava a sobrevivência das colônias fotossintéticas. Tal toxicidade é causada pela reatividade com a matéria orgânica cujas moléculas sequestravam elétrons e produziam radicais livres de vida curta, que produzem danos ao reagir com carbono, hidrogênio e enxofre. As reações do oxigênio com nutrientes de sistemas bioquímicos das células resultam em sínteses de enzimas, proteínas, ácidos nucleicos, lipídios e vitaminas, vitais para a reprodução celular. O oxigênio oxida e corrói o ferro, enxofre, urânio e manganês, e forma hematita, pirita, uranila e dióxido de manganês, compostos derivados dos respectivos metais.

No começo, a Terra podia absorver a poluição de oxigênio mediante sua reatividade com metais e gases, principalmente, durante o verão quando a quantidade de luz solar é grande. As variações de temperaturas e atividades vulcânicas faziam a flutuação da população de microrganismos, mas o evento da fotossíntese, a partir da captura de oxigênio, assegurou a vida moderna na Terra atual.



Borbulhas: chorume

Capítulo 7

NO CENTRO DA TERRA

*Vejo que queres ir mais profundamente, de nossa
condição saber real; e nada omitirei, honestamente.
Dante Alighieri. A Divina Comédia:
Canto I, versículo 55.*

Interior da Terra
Atividade tectônica, magma
Ouro líquido
Rochas fumegantes
Água quente no mar
Algas verde-azuis criam oxigênio
O ouro floclula.

Bactéria na falésia
Terra primeva, manto de micróbios
Fotossintéticos verde-azuis
Bactérias hibernadas
Gesso, areia, calcário, matriz orgânica
Saprófitos geram sulfetos
Dominam paisagem Proterozoica.

Excesso de luz e oxigênio
Holocausto de bactérias
Biotecnologia supera cataclisma
Replicação, síntese DNA, mutação
Sobrevive na profundidade da Terra
Sem oxigênio, reprodução acelerada
No superorganismo, Microcosmo!

Nova unidade de vida
Célula nucleada organizada
Fundamento de cinco Reinos
Mitocôndria, central de energia
Sustenta vida no chão, na água, no ar
Produz alucinógeno para sua defesa.
Forças hostis, jogos eônicos.

Bactérias fotossintéticas
Cadeias de elétrons
DNA codifica moléculas de ATP
Fonte de energia processa hidrólise
Hidrogênio junta ao dióxido de carbono
Alquimia de algas verde-azuis
Salto evolutivo da vida na Terra.

Outra ação espetacular resultante da atividade aeróbica de cianobactérias levou à síntese de ouro, trazido à superfície no magma líquido durante o Éon Arqueano. As rochas auríferas ficam concentradas em poucos lugares do mundo, como nas minas da África do Sul, que concentram setenta por cento do ouro da Terra. O restante do ouro fica no nordeste da Austrália, na Rússia, na Serra do Navio e nas colinas de Serra Pelada, no Estado do Pará, Brasil.

Quando os mineradores descem milhares de metros em direção ao centro da Terra, eles viajam para o passado do mundo guiados pelo filão de carbono, pelas placas e rochas sedimentares que contêm pirita, ouro e até mesmo urânio. Esses filões de carbono têm estruturas filamentosas microscópicas de líquens reconhecidos pela biologia, ao invés da mineralogia.

Ao viajar para o exterior da Terra Arqueana, com a atividade tectônica, o magma quente traz fragmentos de ouro líquido, desde o centro até

a superfície, onde forma montanha de ouro, magnésio e silicato. O ouro se mexe para dentro e para fora das rochas mais fluídas na ausência de oxigênio, ficando sujeito a erosão em rios e em corrente de água em direção ao mar. Na presença de alta concentração de oxigênio, o ouro floclula na proximidade de cianobactérias produtoras de oxigênio. Pela produção de compostos ricos em oxigênio e carbono, a bactéria interage com ouro e o transforma em filmes dourados, na água das margens e nos leitos de rios. A alquimia bacteriana faz a decomposição do ouro sólido em cloreto de ouro e transforma o líquido em pepita de ouro 24 quilates, sem precisar de cianeto usado na mineração para extração de ouro de sedimentos carboníferos. Os cientistas acham que a alquimia bacteriana de processamento de ouro não tem interesse de mercado, mas levanta questões sobre o impacto ambiental, a economia e a ganância.

Micróbios sem núcleo: procariotas

As evidências mais claras das vidas de confederações de bactérias são encontradas nos estromatólitos das falésias nos oceanos, ricas em comunidades de organismos interdependentes. Seus registros fósseis são formados por camadas de rochas que, na Terra primeva, eram tapetes de micróbios. Esses achados de estromatólitos foram denominados Criptozoa, o mesmo que sepulcro de animais.

Atualmente, vê-se em algumas partes que as camadas de cima da Terra, com poucos centímetros de espessura, têm bactérias fotossintéticas verde-azuis, parte habitada do tapete. Tudo abaixo consiste em bactérias hibernadas, gesso, areia, calcário e outros resíduos ligados pelas matrizes do tapete primevo. Sob o tapete, as bactérias fotossintéticas são populações prósperas de anaeróbicos púrpuros, produtores

de enxofre. Ainda, abaixo desta camada, ficam os micróbios saprófitos. Com lente de aumento, vê-se a matéria gelatinosa de vários tipos de bactérias, mas as cianobactérias continuam a precipitação de carbonatos. Nos tapetes moles ou duros, as bactérias crescem em camadas diferenciadas de estromatólitos, como ocorre nos tecidos de animais. No estromatólito mais antigo, com 3.500 milhões de anos, as camadas ricas em carbono evidenciam comunidades prósperas de micróbios fotossintéticos — aeróbicos ou não — que alcançaram maior sucesso no Éon Proterozoico, quando dominaram a paisagem.

Durante dezenas de milhões de anos, o excesso de oxigênio era absorvido por organismos vivos, compostos metálicos, gases atmosféricos, rochas e minerais. À medida que o oxigênio acumulava na atmosfera, os micróbios morriam na ausência de mecanismos protetores evolutivos. A partir das cianobactérias verdes-azuis que produziam oxigênio, continuamente, muitos tipos de fotossensibilizadores aeróbicos surgiram, adaptados em rochas, locais térmicos e objetos. Por volta de 2.000 milhões de anos, esses micróbios produziram o oxigênio que acumulava no ar, e este foi o começo da catástrofe de oxigênio com magnitude global.

Atualmente, os cidadãos são alertados pelo aumento continuado de dióxido de carbono na atmosfera, causado pelas queimadas de florestas e de combustíveis fósseis. Supõe-se que o efeito estufa, resultante do aquecimento extra produzido pelo CO_2 , descongelaria a calota polar, derretendo o gelo e elevando o nível do mar, o que inundaria as cidades costeiras, produzindo calamidade com destruição e mortes em larga escala. Todavia, a poluição causada pela queima de combustíveis é menor que a poluição dos éons Arqueano e Proterozoico, quando volumes crescentes de CO_2 eram produzidos pelos micróbios.

Há cerca de 2.000 milhões de anos, houve aumento rápido de oxigênio na atmosfera. O elemento aumentou de uma parte em um milhão para uma parte em cinco milhões, equivalente a 0,0001 por cento para 21%. Essa foi a pior crise de poluição que a Terra suportou. Muitos tipos de micróbios morreram devido à ação simultânea de excesso de luz e oxigênio, pois, quando expostos ao oxigênio e à luz, esses organismos explodem subitamente. A vida microbiana não possui mecanismo de defesa contra o cataclisma, exceto pela replicação e duplicação do DNA, transferência de genes e mutação.

Essa crise, que produziu muitas mortes, levou ao fortalecimento da sexualidade bacteriana em decorrência da exposição a toxinas e engendrou o superorganismo que chamamos de microcosmo. As novas bactérias resistentes multiplicaram e logo substituíram aquelas sensíveis ao oxigênio na superfície da Terra, à medida que outras sobreviveram na profundidade da Terra, no barro sem oxigênio.

Após a exposição ao oxigênio, a duplicação e transferência de genes inovaram os mecanismos de proteção. Novos genes eram portas de salvação pela informação valiosa na Terra com taxa elevada de oxigênio na biosfera. A bioluminescência e síntese de vitamina E são inovações subsequentes, em resposta à ameaça de morte pelo gás tóxico. Logo depois, as cianobactérias inventaram novo sistema metabólico que usava o oxigênio tóxico, até então letal.

A respiração aeróbica, captura de oxigênio do ar, é um sistema engenhoso e eficiente de aproveitamento da reatividade do oxigênio. Trata-se de uma combustão controlada que desagrega as moléculas orgânicas e libera dióxido de carbono e água, e muita energia é ganha na reação. Enquanto, na fermentação, ganha-se duas moléculas de ATP de cada molécula de açúcar metabolizada, a respiração e utilização do

oxigênio produz dezenas dessas moléculas a partir da mesma molécula de açúcar. O microcosmo fez mais do que pura adaptação quando criou um dínamo movido a oxigênio que mudou a vida na Terra para sempre.

As cianobactérias respiram no escuro, usando a mesma instrumentação para sua respiração e para o transporte de elétrons da cadeia fotossintética. As partes são compartilhadas simultaneamente em ambas as cadeias. Isso é possível porque algas e plantas respiram e fotossintetizam por vias diferentes: as plantas fazem a fotossíntese em cloroplastos e as bactérias respiram pela mitocôndria.

Na continuação da cadeia da evolução, com grande quantidade de energia disponível, as cianobactérias se transformaram em muitas estruturas de organismos micrométricos e em esferas envolvidas em matriz gelatinosa que elaboraram filamentos que liberavam esporos e células, e cistos à prova de oxigênio. As novas formas de vida espalharam-se em ambientes extremos, nas águas frias do mar ou na água quente jorrada do fundo da Terra, criaram formas de alimentação de carboidratos, metabólitos de açúcares ou mesmo de carbono e nitrogênio de seus corpos *post-mortem* e, ainda, transferiram para outras bactérias a habilidade de usar oxigênio.

Na biosfera, as cianobactérias tinham a fotossíntese que gerava oxigênio e a respiração que o consumia. Em condições adequadas de luz solar, água salgada e dióxido de carbono, elas fazem tudo o que precisam. Se a habilidade de biossíntese fosse uma medida de avanço evolucionário, as bactérias estariam adiante dos humanos. Mas a necessidade de nutrientes é complicada e nos deixa na dependência de plantas e de microrganismos para suprir o que nós mesmos não produzimos. A estabilização do oxigênio da atmosfera em 21% foi consenso entre as bactérias há milhões de anos atrás, e o contrato foi mantido

até hoje. Se a concentração de oxigênio fosse mais alta, registros fósseis teriam revelado a conflagração geral. A concentração relativamente alta foi resultante de decisão consciente visando manter o balanço entre o perigo e a oportunidade com risco benéfico. No sentido mais real, somos parasitas do microcosmo.

A célula nucleada: eucariota

As florestas tropicais, o cerrado e a caatinga são inflamáveis quando a chuva escasseia. A biosfera tem mantido ambiência estável durante centenas de milhões de anos; e o balanceamento funciona com mecanismos regulatórios da temperatura e da composição de gases na atmosfera, que pode ser ajustada pelo crescimento de microrganismos. Se a vida tivesse interrompido a produção de oxigênio, possivelmente, os sistemas antipoluição teriam evoluído. Mas existe a perspectiva de que o controle cibernético da superfície da Terra, contando com ajuda de microrganismos, finalmente, coloque em jogo a suposta unicidade da consciência humana. Certamente, os micróbios não planejam catástrofe, e o benefício que eles proporcionam aos ecossistemas secos nenhuma agência privada ou pública consegue fazer!

Mediante crescimento, mutação e transferência de genes, algumas bactérias produziram oxigênio e outras removeram este gás da atmosfera e mantiveram o balanço sadio de todo planeta. Ainda que o oxigênio seja um quinto dos gases da atmosfera, do ponto de vista químico, esta concentração é alta. A pressão atual do oxigênio significa, para a biosfera, o que a estabilização da eletricidade de alta voltagem significa para os humanos viverem neste século. Por outro lado, quantidade insignificante de oxigênio na atmosfera libera escudo de ozônio

na camada mais acima, flutuando sobre o ar. Na cama de ozônio (O_3), os três átomos de oxigênio puseram um ponto final na síntese abiótica de compostos orgânicos pelos raios ultravioletas de alta energia. Então, a produção de nutrientes pela via do oxigênio e luz fizeram dos micróbios a base do ciclo de alimentos do mundo, a qual persiste até hoje. Porém, os seres vivos do Reino Animal jamais produziram os nutrientes fotossintéticos e o oxigênio do ar.

A energia criada pela cianobactéria foi pré-requisito básico para nova unidade da vida: a célula nucleada, unidade fundamental de plantas, animais, fungos e protozoários. Nesses eucariotas, os genes estão envolvidos pela membrana do núcleo e há uma orquestração elaborada pelos processos internos, incluindo a mitocôndria do citoplasma, estrutura especial que metaboliza oxigênio e produz energia para toda a célula. A organização de eucariotas é tão diferente de procariotas que esses tipos foram separados entre as formas conhecidas da vida. Certamente as diferenças entre bactéria não nucleada e célula com núcleo são maiores que entre animais e plantas. Entretanto, o desenvolvimento da Terra em cidades e florestas é testemunha do poder de tapetes microbianos no hábitat natural da biosfera. De fato, os micróbios modificaram toda a superfície da Terra e transformaram-na em uma anomalia como planeta onde as mudanças são constantes.

Na metade do Éon Proterozoico, há 1.250 milhão de anos, a maioria das evoluções físico-químicas tinham sido realizadas. A vida microbiana permeava o solo, o ar e a água, bem como reciclava os gases e outros elementos nos fluídos da terra de hoje. Com exceção de compostos exóticos, tais como alucinógenos de plantas, as células eucariotas montam e desmontam todas as moléculas da vida moderna. Não surpreende que o repertório bioquímico começou a ser produzido há 2.000 milhões

de anos. O microcosmo estabeleceu os estágios evolutivos de vírus, fungos, plantas e animais, nos quais os primeiros períodos de infância foram fundamentais para o desenvolvimento da personalidade e os contornos da vida moderna. A Terra continua energizada e à mercê do tempo, em atividade criativa do processo autopoiético da própria vida.



Flores do pântano

Capítulo 8

NOVAS CÉLULAS

*Cingiu-me o junco, então, como mandado: Ó maravilha!
Pois, mal recolheu meu guia o arbusto, vi-o rebrotado.*
Dante Alighieri. *A Divina Comédia*, Canto I,
versículo 133.

Éon Proterozoico, 1,9 bilhão de anos atrás
Eucariotas, membrana dupla
Aurora de células nucleadas
Acontecimento evolutivo primordial
Pareia cromossomos
Envelopados no núcleo.
Novo Reino Protozoa.

Passo evolutivo gigante
Procariotas a eucariotas
DNA emprestado de vírus
Mutações, recombinações, adaptação
Ligações simbióticas multicelulares
Sistemas metabólicos compartilhados
Comunidades autônomas

Somos eucariotas
Células nucleadas
Evolução bacteriana
DNA e RNA viral
Microtúbulos de espiroquetas
Pulsam no cérebro de seres vivos
Evolução em milhões de anos

Inevitável evolução
Cooperação ao invés de competição
Os mais frágeis sobrevivem
Mais fortes nem sempre se estabelecem
Comunidade, simbiose
Benefício da cooperação,
Associação, solidariedade.

Células nucleadas
Impressões digitais
Citocromo, crista mitocondrial
Plastídio, clorofila
Flagelos, microtúbulos
Comunidade citoplasmática
Organelas, instrumentos vivos.

Com a invenção da respiração dos microrganismos, com o uso do oxigênio da atmosfera, as novas células procariotas tinham fonte de energia além das necessidades. As bactérias aeróbicas cresceram nos nichos em todo o globo terrestre durante centenas de milhões de anos. Há mais de 2,2 milhões de anos, a taxa de oxigênio na atmosfera subiu para 21% e apareceu novo tipo de células eucariotas com o núcleo envelopado e a mitocôndria que respira o oxigênio do ar. As células eucariotas primevas são conhecidas também como protistas. A transição biológica entre bactéria e a nova célula nucleada, ou seja, entre procariotas e eucariotas teria ocorrido subitamente há 1.800 milhões de anos.

A divisão das células entre procariotas e eucariotas foi o acontecimento mais dramático da biologia e, de acordo com a origem comum dos organismos, logo formaram o Reino Protozoa, eucariotas, cujos seres diferem radicalmente das bactérias, procariotas do Reino Monera.

As novas células, mais complexas, eram eucariotas bem maiores que as bactérias. Essas células desenvolveram circuitos de canais nas membranas internas, incluindo a membrana do núcleo. As células protistas mais recentes, com menos de 1.500 milhões de anos eram bem maiores quando foram encontradas em rochedos na Escandinávia, nos registros do Grand Canyon no Arizona e em muitos outros fósseis. Todos esses protistas têm o núcleo separado do restante da célula por uma membrana fenestrada que envelopa os cromossomas.

O DNA dos cromossomas, empacotados pelas proteínas é mil vezes maior que o DNA de bactéria. A função de tanto DNA não foi esclarecida. Parte dele compõe-se pelos 30 mil genes e o restante, a maior parte, são cópias de DNA de origem viral e de outras origens, acumuladas pelas infecções ou pelas transferências de DNA exógenos. Cerca de 75% do DNA no genoma humano não tinha função reconhecida. Os cientistas pensavam que o DNA extra seria reserva para ser usada em caso de necessidade. Porém, aqui fica registrado que as sequências do DNA repetitivo, sem função de genes, formam estruturas tridimensionais que são sítios eletivos de ligação de proteínas, e que funcionam como importantes torres digitais, emitindo e recebendo sinais de células situadas no mesmo organismo ou em organismos à distância. Este assunto será explicado no capítulo sobre a origem do cérebro.

Alguns protistas também têm clorofila no citoplasma e podem fazer fotossíntese. Essas partes da célula, chamadas de plastídios, existem em algas, células de plantas com mitocôndria e respiração oxidativa. Plastídios e mitocôndrias autorreproduzem por divisão binária, ainda que sejam partes inseparáveis de células eucariotas. As evidências sugerem que essas organelas foram obtidas pela simbiose, mediante

internalização pelas células eucariotas. As novas células flutuaram e reproduziram na superfície dos oceanos, onde formaram confederações que associavam umas às outras na comunidade. A organização das organelas nas células foi integrada em sistema biológico unificado.

Como explicar a quantidade de DNA em eucariotas 10 vezes maior que em procariotas? Como foi dado este passo evolutivo tão grande? Há evidência de que a aquisição de DNA excedente teria ocorrido após repetidas infecções virais com integração e adaptação das sequências exógenas no genoma da célula infectada e em atividade reprodutiva. Após sucessivas divisões ao longo do tempo, as sequências exógenas ficaram integradas permanentemente nos cromossomos e logo adaptadas nas descendentes.

Essas populações se tornaram comunidades autônomas com novos sistemas de comunicação e outras funções diferenciadas pelo conjunto de suas partes. Os novos sistemas foram universalizados em estruturas similares de DNA de cianobactérias fotossintéticas e de outras bactérias que praticam respiração oxidativa. Já foi comprovado cientificamente que cerca de 75% do DNA de procariotas têm origem viral, e as evidências químicas e filogenéticas mostram que as sequências de nucleotídeos repetitivas nas bactérias foram transferidas para as células nucleadas. Por outro lado, todos os seres vivos eucariotas são feitos de células nucleadas que emergiram de diferentes microrganismos que nos precederam. As células do cérebro de animais emergiram de vários tipos de procariotas flagelados que coevoluíram juntos ao longo de milhões de anos.

A odisseia simbiótica é um dos romances da evolução que levou à criação de células com núcleo e organelas de bactérias ao longo de 1,9 milhão de anos e mostrou a inevitabilidade da cooperação entre

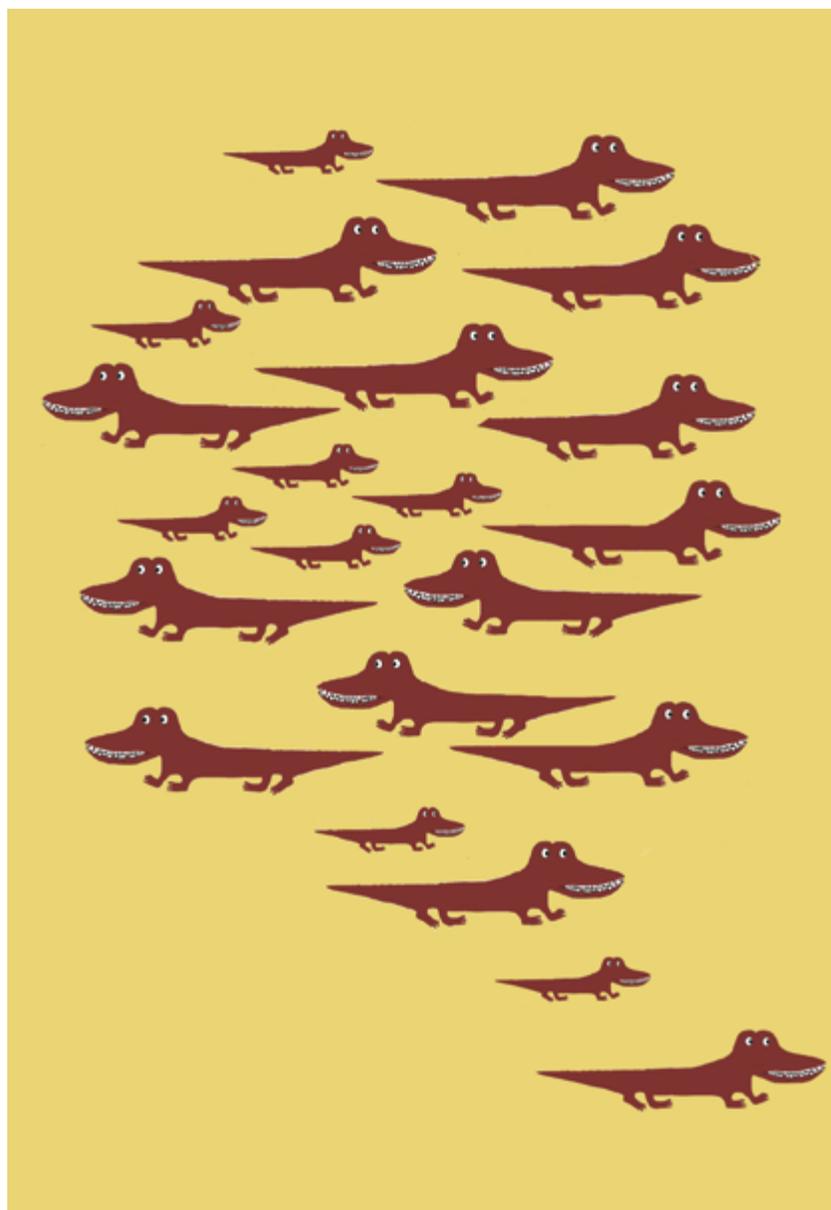
organismos que sobrevivem juntos. A linha de separação entre cooperação evolucionária e competição é muito delicada. Este é o caso da ameba infectada com bactéria patogênica que cresce além de 40 mil em cada ameba e destrói a colônia. Todavia, as amebas que sobrevivem retomam o crescimento normalmente quando o pacto entre bactérias e amebas implica adaptação e, então, a morte de um membro da aliança significa morte de ambos.

A observação no microcosmo e no laboratório revela que os bem adaptados sobrevivem e a melhor adaptação produz mais descendentes. Há casos em que organismos frágeis sobrevivem na comunidade, enquanto outros considerados “mais fortes” são eliminados prontamente nos escombros evolucionários, sem o benefício da cooperação.

A vida na Terra não é um jogo em que alguns organismos matam outros e vencem. A vida pode ser comparada com o jogo cuja soma é diferente de zero, no qual muitos perdem e muitos ganham, sendo que a perda de uns pode ser a vitória de outros. Na teoria do jogo de soma-não-zero, a cooperação aumenta com o tempo e é consistente com a ideia de que organismos mais complexos são formados por procariotos minúsculos que vencem a batalha da cooperação. Com essa compreensão, os organismos vivos são como cidades grandes identificadas pelos nomes. Uma inspeção cuidadosa mostra que cada cidade é formada por imigrantes de todo o mundo, de vizinhos, criminosos, filantropos, de gatos de estimação e pássaros. Os organismos vivos, como as metrópoles, não têm limites definidos, porque são feitos de muitos organismos. Cada ser tem sua moldura de referência na sua realidade.

Nossos ancestrais deixaram suas impressões digitais nas células de seus próprios corpos. Vimos isto na história da vida Proterozoica preservada em três estruturas encontradas em todas as células de seres

vivos: a mitocôndria, os plastídios e os flagelos que operam a limpeza da mucosa de nossa garganta. Sem essas organelas, nem o mundo interior ou o mundo exterior, nem a interface desses dois mundos existiria. A vida como a conhecemos hoje seria impossível.



Capítulo 9

A VIDA EM COMUNIDADE

*À popa estava o celestial barqueiro, o bem
mostrando no semblante inscrito; e, dentro,
de almas o rebanho inteiro.*

Dante Alighieri. *A Divina Comédia*,
Purg. II, 43-45.

Célula procariota: membrana citoplasmática
Mitocôndria, microtúbulos e ribossomos flutuam
Fitas de DNA e oito mil genes.
Célula eucariota: membrana dupla permeável
Ribossomos, mitocôndria, microtúbulo, calcisoma
DNA, vinte e três pares de cromossomas
Membrana fenestrada.

Célula somática eucariota
Trinta mil genes nos cromossomos
Dez mil genes codificam proteínas
Trezentos bilhões de nucleotídeos
Três quartos de origem viral
Elementos repetidos curtos: SINEs
Elementos repetidos longos: LINEs

Mitocôndria simbiótica, autônoma
Membrana dupla de lipídios e proteínas
Energia abundante
Respiração oxidativa
Vias metabólicas de bactérias
Biotecnologias dos cinco Reinos
Animais e plantas respiram e elaboram

Microrganismos fermentam
Energia de gases metano e sulfuroso
Respiram e oxidam metais
Ferro e manganês removidos do ambiente
Hidrogênio e oxigênio formam água
Mais energia com rodopsina púrpura
Biotecnologia usada pelas células da retina

Bactérias reciclam resíduos de plantas e animais
Respiração oxidativa
Reciclagem de moléculas orgânicas
Respiração aeróbica
Dínamo de ATP, central de energia
DNA em ação, ribossomos, proteínas
Sintetizam macromoléculas.

Complexa como parece ser uma gota inanimada de substância química, a célula procariota parece pequeno detalhe entre as formas de vida. Uma membrana externa retém o citoplasma com centenas de ribossomos que flutuam na parte central ao lado de fitas de DNA com cerca de 8.000 genes. Diferentemente, a célula eucariota, maior e mais complexa, tem as fitas de DNA no núcleo revestido pela membrana fenestrada, enquanto mitocôndria e plastídio — cloroplasto — são mantidos juntos pela rede de filamentos no citoplasma pulsátil, contido pela membrana formada por duas camadas de lipídeos e proteínas.

O *Homo sapiens* tem o núcleo da célula com 23 pares de cromossomas com o repertório de 30 mil genes, um terço dos quais não codificam proteína. Cerca de 75% do DNA total do núcleo tem similaridade com DNA viral, formado por nucleotídeos repetidos em pares, tal como ocorre com mais de 400 mil cópias de elementos repetidos curtos, conhecidos como SINEs (*Short Interspersed Elements*), semeados em

todos os cromossomos e que intermediam integrações, recombinações pelo pareamento de suas homólogas, inserindo as mutações em *loci* de diversos cromossomos.

A mitocôndria alojada no citoplasma de células de animais e plantas, e com capacidade de divisão autônoma, revela sua origem simbiótica. Revestida por membrana, a mitocôndria é provedora de energia abundante, derivada do oxigênio do ar respirado. Nós e todos os demais seres vivos, exceto as cianobactérias, somos sustentados pelo metabolismo que energiza a respiração oxidativa. À exceção do metabolismo fotossintético de cianobactérias, algas e plantas, todos detalhes fundamentais de vias metabólicas dos seres vivos do Reino Animal se repetem.

Sob este aspecto, as bactérias pertencentes ao Reino Monera têm variações metabólicas mais amplas que os mamíferos. Os microrganismos fermentam, produzem gases metano e sulfuroso, retiram nitrogênio do ar. Além disso, as bactérias retiram ferro e manganês do ambiente enquanto respiram e oxidam metais, fazem combustão de hidrogênio e combinação com oxigênio para formar água, crescem em temperatura alta e armazenam energia no pigmento púrpura da rodopsina, biotecnologia usada pelas células da retina do olho dos vertebrados.

Como grupo, as bactérias obtêm nutrientes e energia pelos métodos engenhosos, usando resíduos de plantas e de animais como matéria-prima. Na mais importante das invenções dos microrganismos, os seres vivos eucariotas usam vias metabólicas de bactérias para produção de energia pela respiração oxidativa que libera dióxido de carbono e água, uma especialidade da mitocôndria. Nas células eucariotas, os resíduos de moléculas, tais como álcool e ácido láctico, entram na mitocôndria e passam por ciclo de reações que envolve o oxigênio e as cadeias de elétrons de bactérias aeróbicas.

Essas reações produzem muito ATP, amplamente usado para produzir mais energia. Afastada do núcleo da célula, a mitocôndria usa como instrumentos o DNA, o RNA mensageiro, o RNA de transferência e os ribossomos de bactérias. Porém, ribossomos de mitocôndria se duplicam em ciclos independentes daqueles da célula hospedeira. Tudo isso revela que a mitocôndria simbiótica entrou no citoplasma de célula eucariótica para aperfeiçoar seus instrumentos ou para fugir de predadores. A mitocôndria com características metabólicas autônomas se reproduz com transferência de DNA que caracteriza sexo.

As cianobactérias se estabelecerem há cerca de 3.000 milhões de anos, tendo sido capturadas pelas plantas há 144 milhões de anos; desde então, seu pigmento resistiu à digestão. O pigmento clorofila no plastídio permanece ativo nas células de plantas verdes e supre a biosfera com alimento e oxigênio: plastídios retiram o dióxido de carbono da atmosfera e combina com água para formar hidratos de carbono com ajuda da luz solar. Esse processo de fotossíntese é exclusivo de plantas que retiram gás carbônico da atmosfera durante o dia e à noite devolvem apenas o oxigênio.

Os plastídios de plantas e algas marinhas são mais parecidos com bactérias do que a mitocôndria. Plastídios são envoltos por membranas que os separam do restante da célula e se dividem em dois, tal como as cianobactérias com seus ácidos nucleicos, DNA e RNA similares. Os plastídios sintetizam a maioria de suas proteínas, muitas das quais retêm pigmento fotossintético verde, vermelho ou verde-azul.

Cada planta tem seu plastídio característico, de forma que as plantas que não possuem cores não fazem fotossíntese. O “Phrochloron” é uma célula enorme que combina a fisiologia da planta com a estrutura de bactéria e contém as clorofilas *a e b* típicas de planta, enquanto a cianobactéria tem apenas clorofila *a*.

Os eucariotas mais recentes se diversificaram. Alguns ganharam duas vias básicas de gerar ATP — respiração e fotossíntese. Aqueles que produzem água obtiveram nichos ecológicos compatíveis, e deram origem a algas e fitoplâncton que dominaram os oceanos e demais lugares úmidos do mundo. Em seguida, saíram da água e colonizaram a Terra como plantas.

Olhando em volta do mundo, observa-se o sucesso dos descendentes do Prochloron: florestas, jardins, estufas de plantas, colinas verdes e tudo isso testemunha o sucesso de plastídios. Ingeridos, mas não digeridos, eles se insinuaram em cada canto da Terra e agora fazem parte da parceria cooperativa das células eucariotas.

Do ponto de vista planetário, o principal papel dos mamíferos é fertilizar as plantas. Caso todos os mamíferos morressem de uma só vez, insetos, pássaros e outros seres possuidores de mitocôndria fariam a fertilização do solo e as plantas voltariam a crescer. Porém, se as plantas com seus plastídios morressem repentinamente, a produção de alimentos no planeta seria gravemente prejudicada e todos os mamíferos morreriam.



Capítulo 10

O CÉREBRO PULSÁTIL

*Porque este orgulho, que vos intumesce, se sois
exatamente como o inseto, que sua formação
ainda padece?*

Dante Alighieri. *A Divina Comédia*, Canto X,
versículo 127.

Centelha de luz nos olhos
Vias de trânsito no cérebro
Mensagem eletroquímica
Axônios, dendritos, microtúbulos
Espiroquetas primevas
Linhas de transmissão
Sinapse, axônio, dendritos, neurônio.

Ambiente interno do cérebro
Torre biótica digital envia e recebe sinal
Microtúbulo contrai, movimenta
Veicula o pensamento
Elétron entidade física
Campo magnético exposto
Comunicação.

Seleção neuronal carga-específica
Fluxo de partículas ionizadas
Suspensas em fosfolípidios
Sinais, frequências moduladas
Campos magnéticos diferenciados
Distâncias imprevisíveis
Instantaneamente

Neurônio, supercomputador, alcance cósmico
Processador em tempo real
Mutirão de redes bióticas
Sinais de imaginação
Além do espaço e tempo
Pensamento, ideia, conhecimento
Transmissão de elétrons particulados.

Abismo evolutivo: bactéria e cérebro
Biotecnologia pré-histórica de microrganismos
Comunicação interna e sideral, emoção
Tecnologia artificial não alcança
Sinais da imaginação
Ativa pensamentos
Além do presente, abstração e futuro!

De nossa posição distante no tempo evolucionário, não podemos dizer quando, se antes ou depois, as bactérias se juntaram para desenvolver a habilidade de usar oxigênio e luz para produzir energia e, também, para a locomoção. A junção deu origem às bactérias dotadas de movimento e os benefícios foram evidentes: afastar do perigo, alcançar alimento e abrigo. Os benefícios da viagem permitiram seleção de habitats, oportunidades de trocas genéticas e ganhos da parceria.

Ao olhar células eucarióticas ao microscópio, notam-se movimentos incessantes no citoplasma. Em algumas células, mitocôndria, ribossomos e demais organelas se mexem seguindo vias de tráfico. Muitas células expandem e se contraem ritmicamente. A movimentação intracelular procede nas vias do sistema de transporte pelos microtúbulos de proteínas contráteis.

A mobilidade das células nucleadas foi resultante da fusão simbiótica de bactéria com espiroqueta possuidora de flagelo, com formação de ondulipódio protista, que tem pequenas projeções em forma de chibata, na membrana externa da célula eucariota, e revela as mesmas estruturas reconhecidas como flagelo ou como cílios curtos e delicados.

Os protistas foram os primeiros seres nucleados que adquiriram flagelo cuja movimentação propela a célula no seu meio e, se a célula estiver fixa, movimenta partículas no entorno, como na narina de gato ou de saruê.

Não importa a célula que adorna, o ondulipódio mede até um milímetro e tem, no corte transversal, um círculo com nove pares de microtúbulos em volta de um par central, semelhante a um mostrador de relógio. Esse padrão é visto na cauda do espermatozoide de mamíferos, peixes e plantas, além dos cílios de nossa árvore respiratória, em oviduto de aves e em antenas de lagosta.

A prevalência da estrutura típica dos túbulos de flagelos de espiroquetas revela que todos tiveram origem comum. As proteínas alfa e beta tubulina fixam o cinetossoma na base do flagelo. A bactéria espiroqueta que se alimenta de restos de células pode ter sido o ancestral comum que deu origem ao flagelo, quando a escassez de nutrientes precipitou a fusão desses microrganismos.

Os eucariotas móveis revolucionaram o microcosmo pela habilidade de locomoção, transporte e informação. Atualmente existem cerca de 8.000 espécies diferentes de protistas de vida livre, chamados ciliados. As espiroquetas continuam a fusão simbiótica, que teve como resultado o *Treponema pallidum*, quando as descendentes simbióticas se movimentavam e alimentavam em uníssono. Os cupins são insetos

simbióticos que possuem enzima que digere celulose de plantas; sem a enzima, os cupins morreriam de fome.

Os organismos que mantiveram mobilidade e divisibilidade foram os únicos que sobreviveram. As novas células continuaram a se dividir com o flagelo de herança simbiótica. Essa inovação abriu caminho para outras estruturas complexas. Cada indivíduo dispunha de células somáticas, que se dividem pela mitose, e germinativas, que separam seus cromossomos pela meiose, quando 23 cromossomos que se juntam a igual número do outro par humano para formar o embrião, a vida.

Este planejamento ficou na memória do código genético, impresso nas sequências de DNA dos cromossomos. Uma vez que a célula do embrião se transforma em célula muscular, é para sempre. Não há exceção a essa regra. No caso do câncer, por exemplo, as células que se reproduzem incessantemente não mais observam sua função ou posição no corpo. Qualquer que seja o agente indutor, físico, químico ou biológico, a regulação genética da célula cancerosa regride e as células indiferenciadas se multiplicam incessantemente.

A simbiose de espiroquetas ocorreu quando as bactérias aprenderam a respirar oxigênio do ar e juntaram-se para formar células nucleadas. Ainda hoje, o protista *Trichonympha* divide pela mitose, o que nos leva a pensar sobre a importância da mobilidade da espiroqueta ancestral. Antes que as bactérias exercessem a respiração oxidativa, já tinham membrana em volta do núcleo, e espiroquetas aeróbicas viviam suas aventuras dentro de células primevas, então aprenderam a juntar seus cromossomos para iniciar o novo sistema de reprodução sexuada. Ao manter o flagelo, a espiroqueta manteve a habilidade de nadar, como o fazem os espermatozoides no líquido seminal, em busca do óvulo durante a saga da fecundação.

Quando as células nucleadas incluíram microtúbulos de espiroquetas na sua estrutura e construíram aparelhos de movimentação organizada, montou-se um quebra-cabeças, pois os microtúbulos também participam da secreção e divisão celular, bem como da formação dos nervos. Os cientistas que estudam microtúbulos no cérebro, nos nervos, no espermatozoide e nos protistas delicados, isolando as proteínas tubulinas, nunca param de se perguntar de onde eles vieram. O que se pensa é, simplesmente, que os ondulipódios famintos se juntaram às células nucleadas e transferiram seus flagelos, exemplo típico de simbiose sem planejamento. Esta hipótese tem apoio na estrutura dos microtúbulos de espiroquetas, denominador comum de todas as células de protistas e de animais.

As espiroquetas simbióticas agem como flagelados, enquanto o ondulipódio segue caminho diferente, fornecendo ao DNA do espermatozoide a cauda do corpo da célula, e a parte removida flutua por alguns minutos e logo cessa os movimentos. As espiroquetas intactas penetram através da membrana de células e alcançam seu interior onde continuam se movendo no citoplasma.

O grande espetáculo microtubular é a dança conhecida como mitose, que resulta na separação dos 23 pares de cromossomos durante a meiose processada nas células das gônadas. Este ritual intracelular transforma um em dois, e cada metade se liga no disco conhecido como cinetócoro, no qual os cromossomos, uma cópia do pai e a outra da mãe, ficam ligados aos microtúbulos. Os cromossomos pareados se posicionam na linha do equador da célula. Ao duplicar, o cinetócoro libera cada membro do par de cromossomos, que se dirigem a polos opostos. Uma membrana se forma em volta de cada grupo de cromossomos para compor dois núcleos, e a célula completa a divisão em duas. Este movimento assegura a replicação e a divisão do material

genético das células filhas. Caso o DNA de cada célula fosse esticado pelas extremidades, seria suficiente para viagem à Lua, ida e volta.

As células germinativas, óvulo e esperma, são as únicas que podem dar origem ao corpo humano. Todo o DNA persiste, no entanto, empacotado em seu cromossomo. Esse processo é explicado como alternativa para a sobrevivência com diversidade ilimitada, visto que cada célula do indivíduo é formada pela fusão de partes aleatórias de cada cópia do código genético aberto, oriundo dos dois gametas que formaram a célula embrionária.

O olho que observa pelo microscópio os delicados bastões e cones — células da retina especializadas à percepção da luz — responde ao estímulo luminoso e comunica com outras mensagens químicas e elétricas pelos axônios e dendritos — braços de neurônios — que alcançam o cérebro. Análises microscópicas de cortes transversais de axônios e dendritos, que formam massa organizada de microtúbulos do cérebro, revelam sua estrutura de flagelos de espiroquetas. A centelha de luz nos olhos inicia ondas de transmissão de elétrons por meio de sinapses entre os axônios e dendritos empacotados no cérebro.

Seguindo as ondas de mensagem que transitam no cérebro, questiona-se: as espiroquetas do microcosmo primevo teriam evoluído a mobilidade subsequente às emissões de ondas elétricas? Será que guardam semelhança com a transmissão de elétrons por meio de sinapses entre dendritos, axônios e neurônios?

A identificação de componente de espiroqueta nas células do cérebro não se restringe apenas à presença de microtúbulos, pois alfa e beta tubulinas também são as proteínas mais abundantes nas células. Estão imersas em suspensão de fosfolipídios em água. A identidade comum das tubulinas alfa e beta com aquelas do cupim é encontrada

também no cérebro humano e em todas as espiroquetas flageladas. Após a maturação, as células do cérebro não mais se dividem e morrem. Então, fica claro que possuem fonte mais rica em tubulinas e não desperdiçam seu rico legado microtubular oriundo de espiroquetas.

Formulação do pensamento

Durante o século XVII até metade do século XVIII, acreditava-se no essencialismo (*eidos*) de Platão, que viveu na Grécia Antiga (428-347 a.C.) e sugeria que a verdade é como uma sombra que se mexe numa caverna escura. Entretanto, Immanuel Kant (1707-1804), filósofo dedicado às questões da ética, da moral e da estética, perguntou no seu livro *Crítica da Razão Pura*, publicado em 1781: “Existem meios de saber se os estados de consciência, associados com os arranjos e movimentos de incontáveis milhões de moléculas de estruturas diferentes, que persistiram em associações durante milênios, têm as propriedades da energia da matéria”? E concluiu: “Eu quero ver o Cara”!

Uma função conhecida das células do cérebro adulto é enviar sinais e recebê-los, como se os microtúbulos especializados para chicotear, movimentar e separar cromossomos fossem usados, também, para veicular o pensamento. Na hipótese descrita aqui, as entidades físicas que parecem formular o pensamento são elétrons oriundos de reações físico-químicas em campos magnéticos situados na orbital externa de plêiade de proteínas modificadas, ligadas em estruturas tridimensionais, como torres bióticas erigidas pelas sequências repetitivas de DNA nas cromátides de cada cromossoma.

As sequências repetitivas de DNA pareiam aleatoriamente e formam alças ou curvaturas em estruturas tridimensionais complexas,

que se entrelaçam para formar torres bióticas com funções similares às torres digitais. Essas torres são sítios eletivos de ligação de proteínas ionizadas; catiônicas com cargas elétricas positivas, que migram em alta velocidade em direção às proteínas aniônicas, com carga negativa, mutuamente, receptoras e emissoras de elétrons.

As proteínas fazem as ligações iônicas nas alças de torres digitais da cromátide no neurônio. A transferência do elétron, no mesmo cérebro ou à distância, se faz com especificidade entre neurônios com campos magnéticos mutuamente diferenciados, cujas cargas orientam a sinalização entre centenas de torres digitais em cada cromossoma de cada neurônio. Imersas em suspensão de gordura e fosfolipídios, excelentes condutores de corrente elétrica, as partículas de elétrons transmitem sinais com diferentes frequências entre neurônios, instantaneamente.

Assim, cada neurônio funciona como supercomputador que processa as informações em tempo real, e cada neurônio é uma rede de supercomputadores com capacidade de projetar o pensamento para além do mundo reconhecido. A atividade incessante entre as torres digitais resulta na elaboração e no processamento de estímulos que induzem pensamento, ideias e conhecimento novo em mentes criativas. Sem barreiras anatômicas entre consciente e inconsciente, as emoções criadas pela intensidade das cargas de elétrons operam inicialmente nos neurônios do subconsciente nos quais as mensagens processadas geram o pensamento mediato com as ideias ditas intuitivas.

Depois de processadas e filtradas, as mensagens são enviadas aos neurônios do córtex cerebral, uma fina camada de massa cinzenta, local em que a inteligência consciente, com ou sem urgência, prossegue a leitura das mensagens nas torres digitais em que o pensamento elaborado passa pelo crivo da razão e da lógica, experiências do passado.

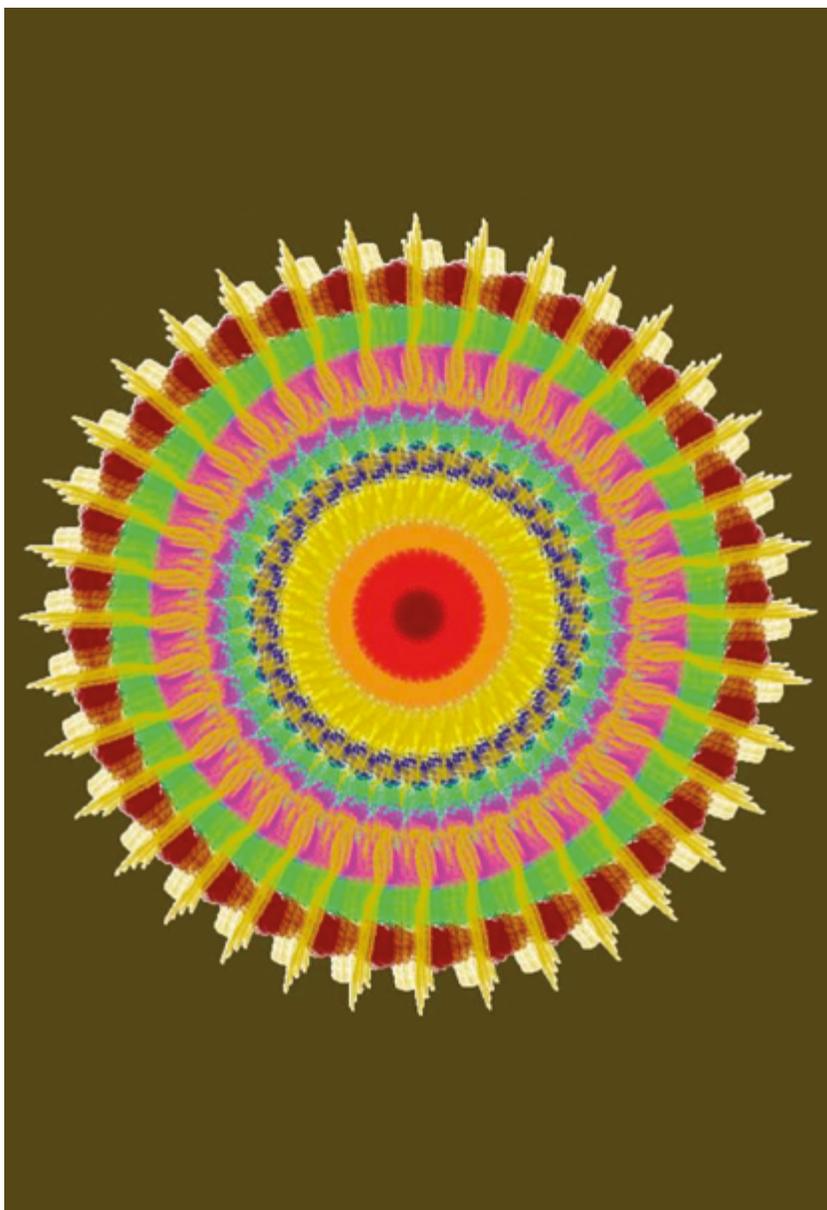
Nesse mister, a associação e o processamento de sinais prosseguem pela rede de neurônios, nos quais a recombinação dos elementos reproduzíveis gera diversidade ilimitada de pensamentos, inclusive aqueles resultantes de potenciais elétricos mais intensos que ligam as mensagens dos neurônios do cérebro ao coração.

Os matemáticos comparam células pulsáteis do cérebro com operação de computadores, a partir das quais as emissões de elétrons alcançam a rede reconhecida à distância. Tal limitação de reconhecimento específico de rede seria devido ao funcionamento em paralelo, simultâneo, uma após a outra, nos computadores que têm as quatro operações aritméticas como base. Todavia, essa não é a matemática do sistema nervoso central. A verdadeira linguagem biológica imprevisível do cérebro seria remanescente da espiroqueta, uma combinação de RNA autocatalizador e tubulinas integradas simbioticamente nas redes hormonal, neuro-hormonal, celular, e de suas interfaces no corpo humano autorregulável, instantaneamente. O pensamento do indivíduo é um fenômeno coletivo de íons e moléculas, plêiade de muitos protagonistas. Cada um com sua história.

A origem do pensamento humano está interligada a inúmeros fenômenos procedentes a partir do Éon Arquea, em associação com muitas inovações desenvolvidas em vias metabólicas que sustentam a vida. As inovações biotecnológicas foram imitadas pelas biotecnologias artificiais: a luz elétrica foi antecipada pela bioluminescência em mais de dois bilhões de anos. Hoje, se estamos adiante da bactéria é porque o pensamento significa mais que a soma das conquistas microbianas. Como parte minúscula da grande biosfera em que a bactéria é essência da vida, ganhamos o cérebro simbiótico que está além de nossa capacidade de decifrá-lo em algumas dimensões.

Há centenas de milhões de anos, espiroquetas habilidosas nadavam furiosamente para ganhar a vida. Agora, seres humanos com nucleotídeos e proteínas empacotados no cérebro direcionam a ação da amalgama complexa de pedaços de bactérias no corpo humano. É possível que grupos de humanos, vivendo em espaço comunitário mínimo em cidades e redes de comunicação eletromagnética, estejam formando uma rede ampla, além do pensamento. Não é impossível, o pensamento é um concerto dançante de espiroquetas. Porém, não teremos chance de saber se a organização dos elementos oriundos de ancestrais microbianos nas células do cérebro — microtúbulos, proteínas e outros remanescentes de bactérias — será lembrada na consciência humana.

A história dos humanos abre o leque de realizações num pedaço do mundo e nos impressiona tanto quanto o abismo entre bactéria e cérebro. Nossa biotecnologia nos impulsiona para além de antigos limites, quando tínhamos apenas o corpo como veículo de comunicação a longa distância. À medida que as tecnologias artificiais avançam, não mais precisamos mover o corpo para receber informação e administrar nossa vida doméstica e pública. Diante do computador, o técnico habilidoso obtém fotos de satélite simplesmente movendo o teclado com os dedos. Diante da notável versatilidade e imprevisibilidade de pensamentos e emoções, haverá necessidade muito maior que mover teclado com dedos para decifrar todas as combinações de sinais que remetem à imaginação para muito além do presente, para o futuro de um mundo de abstração ainda não reconhecido pelos humanos.



Capítulo 11

O DILEMA DO SEXO

Assim, parece necessário..., essa coisa chamada sexo. Pois, certamente você e eu supomos que deve ser. Do contrário, seguramente em certas ocasiões, nós mamíferos e libélulas teríamos que fazer alguma coisa mais elegante.

D. Quammen. *Is sex necessary?* (1985).

Éon Arqueano, três bilhões de anos atrás
Revolução biotecnológica
Bactérias transferem DNA entre si
Dividem sem copulação.
Sexo livre entre protistas
Bipartição de cromossomos
Pareamento aleatório, diversidade.

Vírus transfere DNA funcional
Infecção natural
Variação simbiótica
Inovação, organização
Proteção contra intempéries
Sexo, solução simples
Mistura de genes, evita holocausto.

Meiose justificada
Reprodução sexuada
Biotecnologia sem volta
Evolução de hábitos heterodoxos
Reduz número de cromossomas
Diversidade genética ilimitada
Proteção na adversidade.

Seleção epigâmica parental
Cromossomos separados nos gônios
Sexo meiótico
Conjugação de esperma e óvulo
Fertilização de dois faz um embrião
Células somáticas e diversidade.
Somos todos diferentes

Sexo de animais e plantas
Esperma e óvulo conjugam
Reprodução sexuada restaura o total
Células somáticas multiplicam
Genótipo e fenótipo definem espécies
Meiose repetida, herança dividida
Gametas renovam programação.

O sexo de procariotas, que surgiu no Éon Arqueano há 3.000 milhões de anos, consiste na transferência genética entre os microrganismos livres no microcosmo. O sexo é a mais antiga, a mais simples e a mais espetacular invenção de microrganismos, resultante da transferência de DNA de uma bactéria para outra, enquanto se dividem. Ocasionalmente, foram identificados túneis sugestivos de utilização para transferência de DNA entre bactérias intactas. O sexo entre procariotas não protagoniza estripulias desnecessárias, supérfluas, como aquelas de insetos que copulam enquanto voam, visto que a transferência genética interessa ao gáudio de todo cosmos.

O sexo meiótico evoluiu entre protistas e seus descendentes multicelulares no Éon Proterozoico, há cerca de 1.900 milhões de anos. Os biólogos têm posicionamentos diferentes sobre a existência de sexo. Alguns acreditam que o sexo aumenta a deriva genética que potencia a evolução. Outros sugerem que o sucesso de plantas e animais complexos

não tem relação com sexo bi parental. Ambos concordam, no entanto, que plantas e animais são grupos bem-sucedidos. Como dito, sexo, no sentido biológico, significa apenas a união de material genético de mais de uma precedência para produzir um novo indivíduo.

A definição biológica de sexo não inclui copulação e não tem relação intrínseca com reprodução e sexualidade. Assim, sexo é a transferência de ácidos nucleicos oriundos de vírus, bactéria ou de qualquer outra fonte para uma outra célula. A fusão dos núcleos de duas células germinativas é sexo. A infecção de humanos pelo vírus da influenza ou da Covid-19 também é sexo, visto que o DNA viral fica inserido em nossas células. A simbiose é uma variante de sexo em que os materiais genéticos de dois indivíduos se juntam e formam um novo indivíduo.

Na linhagem evolucionária que nos trouxe até aqui, um evento importante foi a redução meiótica dos cromossomos das células da teca do ovário e dos espermagônios do testículo. A fusão das células haploides recompõe o genoma de células somáticas. Esses eventos independentes aconteceram durante a fusão dos núcleos das células dos parentais, separadas no tempo e no espaço, de acordo com o desígnio do sexo biológico. A mistura dos materiais genéticos de fontes diferentes é apanágio da reprodução sexuada que faz com que plantas e animais sejam os grupos mais bem-sucedidos de todos os seres vivos.

Há de se considerar, no entanto, que a diversidade genética está conectada com a meiose, iniciada pela síntese de DNA, RNA e proteínas, antes do pareamento dos cromossomos previamente à divisão. Com tudo pronto, foi possível juntar os componentes genéticos das células meióticas. Desde então, a reprodução sexuada tornou-se fenômeno irreversível. A existência dos animais depende essencialmente do sexo bi parental.

O sexo de plantas e animais é necessário em duas etapas complementares. Primeiramente, o número de cromossomos deve ser reduzido à metade durante a meiose para produzir esperma e óvulo. Já, na segunda etapa, as células meióticas se fundem no ato da fertilização para restaurar o número exato de cromossomos da nova célula. No entanto, o enigma continua: porque as duas metades — esperma e óvulo — se juntam para formar um inteiro que se tornará duas metades de novo?

A meiose é a criação de células haploides — com a metade do número de cromossomos —, talvez, pelas ameaças à sobrevivência, haja vista que, em condições extremas, os protistas se juntam aos pares e a fusão forma células tetraploides com quatro vezes mais DNA que uma célula haploide. As células que dividem sua herança genética, precisamente pela meiose, retornam a uma fase haploide de 23 cromossomos, apenas naquelas germinativas das gônadas.

Diante de circunstâncias imprevisíveis, foi criado o sistema de reprodução sexuada. Ainda hoje, a seca, fome, escuridão persistente, deficiência em elementos químicos essenciais, privações que induzem fusões cabalísticas em protistas, justificam a necessidade de proteção contra situações hostis; mas, talvez, fazer a divisão de número de cromossomos e depois voltar atrás pode ser visto como perda de tempo. Na comunidade de células que persistiram ao longo caminho, ocorriam mudanças cíclicas, fusão e volta ao estado anterior, exatamente iguais às de nossos ancestrais.

O sucesso evolucionário da reprodução sexuada começou abruptamente no ambiente coabitado. A higidez da mitose em qualquer linhagem é pré-requisito para uma meiose correta. As diferentes espécies que se reproduzem sexuadamente coevoluíram em hábitos heterodoxos.

Para alcançar a fertilização, abelhas e beija-flores visitam angélicas que são visitadas pelos morcegos esvoaçantes, à noite. Begônias são visitadas por borboletas-monarcas, que deixam suas larvas.

Organismos de reprodução assexuada não chateiam seus iguais e se adaptam a qualquer ambiente. Reprodução e sexo são coisas diferentes. Aqueles que se reproduzem sexuadamente tem suas crias desenvolvidas mais lentamente e mais laboriosamente, requerendo mudanças ambientais cíclicas. Os animais mais complexos passam por programa de desenvolvimento desde a fusão do ovo com o esperma, e têm dificuldade de autorreconhecimento e medo da morte. Mortalidade e identidade não dependem do complemento de genes herdados, mas do processo de meiose.

A meiose assegura que uma cópia de cada gene passe à próxima geração. Cada etapa é independente. A forte ligação entre reprodução e fertilização ocorreu há milhões de anos e todas as fases que levam à reprodução sexuada foram juntadas para originar as células diploides, somáticas, de nosso corpo. O sexo prazeroso mistura e combina genes, processo necessário para a reprodução de mamíferos, mas o sexo é maravilhoso porque detrás de suas cenas está a reprodução sexuada essencial para a sobrevivência às intempéries.

Na população brasileira de 210.147.125 de habitantes, o vírus da Covid-19 infectou 38.968.268 pessoas, com 713.735 mortes (18,31%).¹ A letalidade de 1,8% e a mortalidade de 339,7 a cada 100 mil habitantes são explicadas pela biodiversidade do código genético que regula a resistência e/ou susceptibilidade das pessoas à infecção.

¹ Os dados da pandemia pelo coronavírus SARS-19 (2020 a 2022) estão disponíveis em: <https://covid.saude.gov.br/>.



Painel dos bichos

Capítulo 12
**AURORA DE PRECURSORES
DE ANIMAIS E PLANTAS**

As aventuras entre fungos e algas verdes produziram a beleza do Reino das plantas e a própria floresta.
Peter Atsatt (2015), professor emérito da Universidade da Califórnia, *campus* de Irvine.

Saga microbiana
Protistas aglomerados
Ameba, fungos, esponjas vermelhas
Etapa evolutiva espetacular
Bactéria, fungo, planta, protozoário, animal
Reinos, comunicação, células
Conexões septadas, poros, desmossomos

Algas propulsionam evolução
Excesso de luz, escassez de água
Reserva citoplasmática
Musgo primitivo se multiplica
Plantas aguam a Terra
Cianobactérias eliminam oxigênio
Síntese de lignina, casca dura, semente.

Bactérias transformam microcosmo
Virtuosas, infiltram na Terra
Lignina e celulose, plantas
Simbiose: bactérias, algas verde-azuis, fungos
Planta dependente,
Adere às raízes absorve água do solo

Parceria inextrincável, dominante.

Samambaias suplantadas pelas coníferas
Dieta de dinossauros
Adaptação ao frio glacial
Angiospermas
Plantas floridas se espalham
123 milhões de anos atrás
Cloroplasto, fotossíntese, paisagem.

Completam ciclo de vida na terra
Artrópodes, moluscos, caracóis, anelídeos
Fendas branquiais, origem no mar
Filo *Chordata*, vertebrados sobreviventes
Peixes, anfíbios, répteis, aves, mamíferos
Submersos na água ou na Terra
Criaturas de quatro membros.

O *Trichoplax* — cujo nome significa que lhe faltam cabeça, cauda e notocorda, porém, sua reprodução é sexuada — é o animal mais primitivo, formado por amontoado de células nucleadas movidas por flagelo com microtúbulos. O *Trichoplax* rastejante não é mais complexo que uma ameba.

O primórdio da diferenciação celular foi acidental; um protista com flagelo engançou em outra célula e a propeliu para adiante até que os microtúbulos da segunda célula foram postos em ação e simbiose. Sua nova atribuição deu início à evolução animal, começo de uma especialização desenvolvida pelos seres vivos. Algumas células nadam, outras retêm a capacidade de divisão por mitose e meiose, e há, ainda, aquelas que liberam seus aparelhos para captar sinais do cosmo, as espiroquetas.

As células com sensores do equilíbrio, as renais, as do cérebro, receptores mecânicos, e as olfatórias de animais jamais se dividem após a maturidade. Isso porque os microtúbulos agem como reguladores da mitose. A multicelularidade ocorreu quando as células filhas se mantiveram ligadas umas às outras ou amalgamadas em evento evolucionário comum.

Os eventos se repetiram em muitas ocasiões nos seres de várias linhagens, o que resultou em organismos maiores e mais complexos de acordo com cada programa. As criaturas do microcosmo primevo não eram todas unicelulares, visto que mixobactérias, cianobactérias e actinobactérias são primariamente multicelulares e se alimentam de matéria orgânica em decomposição. Os fungos e as algas marinhas também são multicelulares.

Entre esses protistas, confirmam a tendência das células filhas se juntarem. Assim, esse movimento levou à formação de ameba multicelular, fungos viscosos, algas multicelulares vermelhas e esponjas. A multicelularidade evoluiu em 12 etapas, no caso das bactérias, e mais de 50 vezes em protistas. Tais grupos se organizaram com sucesso espetacular em variedades e em quantidade, tendo sido levados ao estofo de reinados: bactérias, protozoários, fungos, plantas e animais. Todos os cinco reinos têm descendentes multicelulares. Porém, nos primeiros quatro reinos, os organismos têm poucas linhas de comunicação entre as células de seu corpo. Diferentemente, no reino animal, multicelularidade e comunicação interna tornaram-se especialidades, com níveis refinados de organização.

As células de animais são altamente especializadas na ligação com suas vizinhas por variedades de conexões; junções septadas, junções fortes ou com poros, e desmossomos, entre muitas outras. Essas junções

determinam a qualidade de comunicação entre células. As junções esotéricas entre células de blástula, que se tornam embriões, são meras animalidades: mediante comunicação em redes evolucionárias, grupos de células exerceram tal intimidade de coordenação e controle que fica esquisito imaginar que tudo começou como micróbios esquisitos, estranhos.

As primeiras algas, ancestrais das plantas, eram os emaranhados de células repletas de cloroplastos filamentosos. Os esporos desses ancestrais deixaram o mar há cerca de 460 milhões de anos. Antes ocorrera a extinção dos animais marinhos há cerca de 700 milhões de anos. O roteiro da evolução é encontrado nas volvocinas, algas biflageladas com a estrutura tubular de espiroquetas, e nos cloroplastos, células parecidas com *Clamidomonas*, alga unicelular. Quando quatro volvocinas se juntam, formam um disco gelatinoso conhecido como *Gonium sociale*. Cada célula do gônio pode se destacar para formar uma nova colônia.

Os gônios mais complexos são espécies intermediárias organizadas em colônias de algas com 16 a 32 volvocinas. A mais organizada é a volvox, uma esfera formada por 500 mil células volvocinas. A esfera volvoc roda no seu eixo para nadar e apenas células especializadas próximas ao seu polo se dividem para produzir colônias. Outras volvocinas migram para o interior da esfera onde formam pequenos nódulos miniaturizados multicelulares autônomos. Estes liberam enzimas que dissolvem a gelatina que mantém esferas parentais unidas, que, quando se separam, formam novas colônias. A reprodução assexuada não é encontrada em algumas espécies de volvox, que elaboram esferas verdes translúcidas que liberam óvulos ou esperma; algumas são hermafroditas que elaboram unidades.

As células liberadas, que se assemelham à alga verde ancestral, podem se fundir para formar novos undulipódios. Após a fertilização,

os undulipódios se fundem e a meiose tem prosseguimento com a mitose. Após formação de muitas colônias, as células filhas se agregam para formar nova colônia *Volvox*.

As algas sobreviveram em água rasa com fonte de luz. Quando a água escasseava, aquelas que retinham água no interior propulsionavam a evolução, uma vez que sobreviveram e multiplicaram-se para formar as primeiras plantas primitivas, sem galhos e folhas, como musgos. As algas que se tornaram plantas trouxeram água para a Terra. O meio aquoso era essencial para que as primeiras plantas flutuassem e o desenvolvimento de embriões de ovos (*semes*) fertilizados e protegidos pelo tecido parental as distinguia como plantas verdadeiras, ao invés de colônia de algas protistas.

A escassez de água no ambiente terrestre requeria evitar o colapso do tecido gelatinoso das primeiras plantas. Para isso, foi preciso criar estrutura firme, usando o oxigênio descartado pelas cianobactérias na atmosfera e, então, usado para sintetizar lignina — que, combinada com celulose, dá força e flexibilidade a árvores e arbustos — e endurecer a membrana das células vegetais. A dureza levou à engenharia que criou o sistema vascular para transportar água da raiz e outras substâncias para as extremidades dos galhos e folhas. As plantas vasculares também têm dois pares de cada cromossomo.

Quando o microcosmo se transforma em macrocosmo com plantas robustas, os micróbios invisíveis se encontram presentes em todos os lugares. A resistência à seca, a produção de lignina e a conquista da Terra requereram simbiose de plantas com bactérias e fungos. As hifas do *Metarhizium*, fungo Primavera, auxiliam as raízes das plantas a absorver água e sais. Hoje a maioria das plantas morre se perder a simbiose no solo com o fungo nas raízes. A principal simbiose que evoluiu com as plantas, a alga, e não o fungo, foi a parceira dominante.

O principal desafio na origem das plantas era a escassez de água. e a solução foi o desenvolvimento de sementes para proteger o embrião até o melhor momento de germinar. As sementes permitiram que as plantas escolhessem o momento favorável à germinação, enquanto o embrião amadurecia a despeito da inconstância das chuvas. Nas florestas primevas, cresceram samambaias gigantes que, ao invés de esporos, produziam sementes. Durante mais de 120 milhões de anos, nos períodos carbonífero e permiano, entre 345 e 225 milhões de anos atrás, os insetos alados, os moluscos e os dinossauros viveram no esplendor dos trópicos.

Há 225 milhões de anos, as samambaias foram suplantadas pelas suas descendentes coníferas, que se tornaram a principal dieta de dinossauros. As coníferas, como o pinus com tronco robusto, eram mais bem adaptadas ao frio glacial do que as samambaias que não tinham sementes protegidas por frutos. Muitas espécies de coníferas resistem a inverno prolongado em vasta extensão do globo. Os sucessores de coníferas foram as plantas com flores, descendentes dos ancestrais das samambaias, que surgiram há 123 milhões de anos e se espalharam para muitas partes do mundo, manifestação de abrangência de cloroplasto na Terra. Os buquês de flores resultaram dessa evolução construída na intimidade da antiguidade.

Os insetos se multiplicaram com a energia do néctar adocicado, enquanto prestavam serviço de polinização. Os pássaros e mamíferos interromperam a saga do crescimento abrupto ao comer folhas e frutos das plantas angiospermas florescentes. Algumas angiospermas desenvolveram moléculas de toxinas alucinógenas para interromper a devastação pelos animais, à medida que produziam frutos, nozes e sementes duras, que protegem os embriões da digestão animal, favorecendo distribuição mais ampla em muitas partes do globo terrestre.

Coincidentemente, os primeiros mamíferos ovíparos de sangue quente e pequenos marsupiais evoluíram com as flores de angiospermas há 125 milhões de anos. Os mamíferos, comedores de vegetais, são um bom exemplo de cooperação e evolução, à medida que o alimento das plantas os levou a se tornarem os disseminadores das sementes de angiospermas. Hoje em dia, plantas como bananeira e laranjeira não produzem sementes funcionais, e desenvolveram nova estratégia de dispersão: são perpetuadas pela clonagem, assexuadamente, levadas de um local para outro.

A sedução dessas plantas com suas frutas de bom gosto nos induziu a fazer o que elas não fazem: mudar de um lugar para outro. Ausência de algumas funções não demandaram evolução de sistemas complexos e as plantas são mais susceptíveis à espoliação do que se imagina. Não têm sistema nervoso, talvez, porque dispõem da inteligência estratégica da fotossíntese. Por trás dessa estratégia, está o microcosmo com os micróbios e seus cloroplastos, a mitocôndria e os flagelos propulsivos que garantem a base do sucesso das plantas. Os animais desenvolveram o sistema nervoso e o cérebro como adaptação às intempéries e à sobrevivência em nichos ecológicos diversificados.

Os animais abordaram a emergência da água com diferenças marcantes. Portadores de herança mais pobre, contando com mitocôndria e sistema de motilidade com base nos flagelos herdados de espiroquetas, porém, sem cloroplastos, os animais precisaram de mais de 35 milhões de anos para saírem da água, não obstante fossem alimentados pelas plantas.

As imagens impressas nas rochas das praias preservam apenas partes moles de animais primevos, antes de serem devorados pelas bactérias. Os mais primitivos eram multicelulares, globulares ou vermiformes, que não se destacavam após a divisão. Alguns tinham flagelos e

cílios com a *estrutura* 9 + 2 usados para obtenção de alimento derivado de excreta de protistas diminutos. Ao avançar no tempo, esses animais evoluíram a partir de blástulas.

Os indivíduos eram pequeninos, mas suas comunidades produziram corais enormes, enquanto se alimentavam de tapetes de micróbios. Os primeiros registros fósseis deixados pelos animais mais antigos, com cerca de 700 milhões de anos, são conhecidos como *Edicaranos*, encontrados perto de Sidney, na Austrália. Os anelídeos, vermes marinhos segmentados, evoluíram a partir dos *Edicaranos*. Os artrópodes descendentes de animais segmentados, com esqueleto, conhecidos como trilobitas, siris, caranguejos, camarões e lagostas, e os celenterados com tentáculos envenenados, forrados com undulipódio de um milímetro, fazem parte do fóssil *Edicarano*.

Os equinodermas sem esqueleto, como o ouriço e a estrela-do-mar, existem há 700 milhões de anos. Na ausência de partes sólidas, não foram reconhecidos durante 200 milhões de anos, mas é certo que esses animais de corpo mole e grande complexidade precederam os artrópodes com esqueleto. Os animais pequenos em sociedades de células, tais como esponjas e os primevos *Trichoplax*, menos complexos que os *Edicaranos*, nunca fossilizaram. As primeiras colônias de *Trichoplax*, raras e delicadas, se liquefaziam com rapidez e ainda hoje desafiam os zoologistas. Porém, seus descendentes com crosta de gesso e sílica, se transformaram em conchas.

O período Cambriano, iniciado há cerca de 580 milhões de anos, representa a idade moderna, o Éon Fanerozoico em que vivemos. No período Cambriano, os fósseis são abundantes e reveladores. Até que o fóssil microcósmico fosse encontrado, a menos de um século, rochas antigas eram ditas do período pré-Cambriano (tabela 1). Está claro que

a vida não começou com trilobitas e outros animais abundantes no Fanerozoico. Neste éon, foram encontrados, sim, esqueletos, conchas e partes duras para proteção contra predadores, conforme se denota de registros fósseis de muitos outros animais.

Novas ideias sobre a vida sugerem que as espécies não são imutáveis. A interpretação dos fósseis cambrianos mostra que esses conhecimentos sobre as bactérias, protistas e *edicaranos* são evolutivos e se complementam. Os nossos ancestrais microbianos e outros seres primitivos colonizaram a Terra desde o PréFanerozoico, ao longo de mais de 3.000 milhões de anos, muito antes de eles formarem esqueletos visíveis a olho nu. As tais partes duras foram formatadas há 580 milhões de anos atrás, pelo depósito de fosfato de cálcio, quitina e demais matérias orgânicas complexas. A quitina está presente na crosta de trilobitas e de outros artrópodes cambrianos *euripterídios* com até três metros de comprimento, conhecidos como escorpiões do mar. Outros seres cambrianos, os braquiópodes (*Brachiopoda*), foram extintos, exceto aqueles moluscos anciãos encontrados na costa do Oceano Atlântico.

No fóssil Cambriano da Columbia Britânica, foram encontrados milhares de espécimes numa camada fossilífera que antes era lama de oceano que desapareceu. Todos aqueles espécimes pertencem ao filo dos animais. Outro exemplo da extravagância biológica de outras espécies, conhecidas como *Estomaporoides*, ficou gravado nas rochas durante a Era Paleozoica, onde viveram vastos campos de bactéria verde-azul.

No Período Cambriano, as espécies existentes eram diferentes e nenhuma delas existe hoje. Todas as espécies da onda moderna, tais como lagostas, ostras e caranguejos inexistiam e sequer havia um

só peixe na água. Ao contrário, havia comunidades de *Arqueociatídios*, *Estomaporoides*, *Braquiopoides*, alguns corais e esponjas e muitos outros seres marinhos gigantes formados de partes gelatinosas que não deixam fósseis.

Emergindo da água, um mergulhador Cambriano documentaria aqueles animais secando na praia: eram os ancestrais daqueles que se adaptaram à vida na Terra. A questão da adaptação foi resolvida pela engenharia genética de proporção magnífica, tanto quanto seria a adaptação de humanos em outros planetas. Ainda que houvesse riqueza de oxigênio na atmosfera, os obstáculos eram enormes.

A emigração e a reprodução continuadas demandaram mudanças enormes em todos os sistemas orgânicos da vida animal. Ao deixarem a água, colapsaram, não obstante seus músculos e ossos fortes. A respiração era feita com a baixa concentração de oxigênio na água e na atmosfera. A concentração desse gás tóxico era milhares de vezes mais alta. A camada de revestimento daqueles animais saídos da água, carapaças, cutículas e pele, era importante para que resistissem à incidência direta dos raios de luz solar.

A seca era a pior ameaça, constante causa de dessecação. A sede tinha de ser satisfeita e os animais que não tinham como acumular água eram condenados.

Os animais que completaram o ciclo de vida na Terra pertencem a quatro grupos de seres aquáticos: artrópodes, tais como aranhas e insetos; alguns moluscos, caracóis e anelídeos, membros do filo *Chordata* cujos integrantes possuem sistema nervoso tubular na parte posterior do corpo e fendas branquiais, evidência de sua origem marinha. O subfilo dos cordados é formado pelos vertebrados, ao qual os humanos pertencem.

Dos trinta ou mais grupos de vertebrados existentes, nenhum deles sobrevive na terra sem água, inclusive aqueles seis dos cordados: peixes com cartilagem e ossos, anfíbios, répteis, aves e mamíferos. Esses animais jamais descartaram a necessidade de submergir na água em algum momento da vida.

As focas e os leões do mar, que vemos em aquários, são não mais do que “cachorros d’água”. Peixes, focas, leões do mar, golfinhos e baleias evoluíram como criaturas terrenas com quatro pernas. A biotecnologia da fertilização fez a ligação entre nós e todos os nossos ancestrais aquáticos. O ato essencial de criação foi iniciado na água e, ainda hoje, óvulo e esperma se encontram em tecido fluido do nosso corpo.

Nesse olhar, as espécies animais plenamente adaptadas à vida na Terra não se despediram de sua primeira ambiência romanceada no meio aquoso do microcosmo. A blástula e o embrião se desenvolvem no líquido amniótico, no útero. A concentração de sais na água do mar e no sangue é idêntica, e as taxas de sódio, de potássio e de cloreto nos tecidos são as mesmas que aquelas do imenso oceano.

O que os animais fizeram para utilizar o cálcio foi essencial para a despedida do mar. A quantidade de cálcio em solução no citoplasma de uma célula é constante: uma parte em 10 milhões. Todavia, o cálcio na lágrima é 10 mil vezes mais alta. O cálcio entra nas células nucleadas, que possuem a organela calcisoma ácida revestida por membrana, que o dilui, produz carbonato de cálcio e o exporta para o meio externo. O cálcio dissolvido é removido dos tecidos, como requerimento das células que se dividem e para a atividade de microtúbulos para formar o cérebro. O sistema nervoso desenvolveu-se há 620 milhões de anos pelas colônias de espiroquetas flageladas. A parte química das mensagens elétricas enviadas pelos nervos aos neurônios é essencial para a atividade da mente.

Os animais primitivos usaram o cálcio para operação dos músculos. O cálcio em solução contendo ATP é liberado, em concentração adequada, para que as células musculares se contraíam. Na reação, as proteínas actina e miosina, presentes em todo Filo Animal, contraem como o faziam nossos ancestrais, tal como a bactéria *Thermoplasma*. Os vermes moles e esponjas aquáticas do Período Ediacarano nadavam usando músculos com controle do metabolismo do cálcio. Os anelídeos cambrianos também usavam o cálcio para a contração muscular.

Todas as células nucleadas usam cálcio desde a Era Cambriana. O excesso de cálcio fica armazenado como fosfato de cálcio nos dentes e nos ossos e como carbonato, nas conchas quebradiças. Os músculos ediacaranos precederam os esqueletos cambrianos. O excesso de cálcio dentro e fora do corpo forma agregados que se transformam em armaduras e esqueletos. À semelhança de casa de cupim, construídas com excrementos e saliva de insetos, dentes e esqueleto são fabricados pelos compostos que antes eram refugos. As brânquias especializadas em retirar oxigênio da água tornaram-se obsoletas quando os peixes migraram do mar para a terra, substituídas pelos pulmões que transportam oxigênio para as hemácias do sangue no aparelho circulatório. Um sistema de canais aerados, chamados de brônquios e traqueia, evoluiu a partir de aranhas e insetos.

Os seres vivos sempre priorizaram mudanças radicais para incorporação de algo novo. A produção de ossos iniciada pelos peixes foi útil para levar os anfíbios à Terra e para as aves ganharem as alturas em voos aerodinâmicos. A Terra tornou-se a pátina dos animais quando não havia predadores e o perigo da seca. A evolução de animais e plantas ocorreu, paralelamente, com os fungos fornecedores de componentes das células nucleadas. Os fungos crescem a partir de esporos,

como tubos compridos chamados hifas septadas transversalmente. Diferentemente dos animais que possuem estômago, os fungos processam a digestão fora do corpo e crescem pela absorção de nutrientes com elementos químicos, na ausência de processamento pela respiração oxidativa ou pela fotossíntese.

Bolores, cogumelos, trufas e leveduras são tipos conhecidos de fungos, e a maioria das 100 mil espécies conhecidas são terrestres. No seu próprio Reino, os fungos são aparentados com plantas que teriam se desenvolvido a partir de protistas que absorviam nutrientes diretamente de algas mortas ou vivas, plantas e animais. Fósseis de fungos foram achados com tecidos de plantas de mais de 300 milhões de anos. A associação simbiótica destes seres com as raízes de plantas resulta na absorção de água, fósforo e nitrogênio e, por isso, se diz que as florestas primevas não teriam existido sem os fungos. Organismos resilientes, os fungos sobrevivem em ambientes pobres em nitrogênio e suas células com membrana quitinosa, endurecida, resistem à dissecação e o faz habitante competente na Terra.

Todos os fungos formam esporos e, se não há parceiros, os esporos assexuados dispensam o sexo. Entretanto, praticam sexo meiótico, alguns dos quais desenvolveram diferentes modalidades de acasalamento. São protagonistas da cultura humana. O *Penicillium* de frutas é um fungo que produz a penicilina com potente ação bactericida. Há quem diga que os fungos escaparam dos predadores naturais para salvar milhões de vidas humanas. Entretanto, sabe-se que o fenômeno vida não tem finalidade *a priori*. Quando o fungo *Claviceps purpúrea*, conhecido como esporão de centeio ou dente de corvo, infecta campos de trigo, causa abortos das vacas que comem o grão de trigo contaminado com ergotina, alucinógeno que produz. Na idade média,

as pessoas que comiam o pão feito com o grão do trigo contaminado se envenenavam. A ergotina contém ácido lisérgico, fonte de LSD, o mais potente alucinógeno.

As alterações psíquico-farmacológicas dos alucinógenos *Amanita* e *Psilocibes* são produzidos pelos cogumelos *Psilocybe cubensis* e o *Amanita acaria*. Estes são considerados mecanismos evolucionários de sobrevivência de nossos predecessores do reino animal. Os metabólitos desses alucinógenos alteram a mente e o corpo, enquanto trava guerra química que impede a coevolução do predador e do predado. Todas as espécies coevoluíram no macrocosmo e no microcosmo. Os fungos que causam doenças também são essenciais para a sobrevivência de plantas isentas de moscas e outros insetos.

Nada é extraordinariamente novo no Éon Fanerozoico, que se estende de 580 milhões de anos atrás até o presente, exceto pelas invenções esotéricas de venenos de cobras, alucinógenos de plantas e fungos. Ao final do éon Fanerozoico, a evolução das técnicas de sobrevivência já tinha sido posta em prática. As cianobactérias remanescentes, bactérias verde-azuis e espiroquetas, e as mitocôndrias ocuparam o palco. Ao longo de mudanças causadas por cataclismos, as grandes invenções foram mantidas e as novas formas de vida preservaram as habilidades de sintetizar nutrientes a partir da luz solar, transferir informação genética e eliminar o excesso de oxigênio letal.

Fora da água do mar, os animais evoluíram a partir dos micróbios geneticamente alterados, com habilidade de metabolizar o cálcio. Ao reter sua organização primordial na Terra, os seres marinhos com estruturas resistentes, tal como esqueleto e a cutícula, e os micróbios expandiram-se no cosmos.

A vida na Terra é bela e o começo da história é imperdível. O estudo da história natural começa pelo microcosmo. Ainda que as diferenças entre as espécies de seres vivos sejam significativas, todos somos comunidades ambulantes de bactérias que ganharam habilidade vital de autotrofia e reprodução ao longo de 4,5 bilhões de anos, desde que o hidrogênio, o oxigênio, o nitrogênio e o carbono compuseram os gases da atmosfera, esses elementos químicos formaram moléculas que se agregaram para gerar a vida orgânica no planeta Terra. Desde então, o mundo brilha onde os minúsculos seres vivos são incluídos na paisagem. As árvores gigantes, baleias, insetos e cogumelos são registros de composição de moléculas de células nucleadas. E tudo começou com as partículas de elementos químicos que produziram energia suficiente para organizar as moléculas dos micróbios que colonizaram a Terra.



Capítulo 13

O HOMEM

Não importa quão alta é a montanha ou quanto é remoto o esconderijo, nós suamos e choramos basicamente o mesmo que água de coco.

Hominídeos fósseis
Designações variadas
Ordem Primata, Família Hominídea.
Parentes próximos
Gorilas, bonobos, chimpanzés
DNA 99% similar
Identidade comum, distintivo.

Homo sapiens, espécie recente
Associação, cooperação de microrganismos
Multicelularidade
Criptoplax, volvocinas
Moluscos, peixes e aves
Marsupiais, preguiça, macacos
Hominídeos, 140 mil anos atrás

Espécie, grupo de indivíduos
Unidade genética
Oito mil espécies de pássaros
Quinhentas milhões espécies vegetais
Um bilhão de espécies animais
Peixes, répteis, batráquios, primatas,
Homo sapiens: origem microbiana

Cordatos, coluna vertebral
Sistema nervoso central
Aquáticos primitivos extintos
Crescem larvas, girinos
Peixes pulmonados respiram
Oxigênio atmosférico
Bexigas, sacos aerados, pulmões

Era Cenozoica, 66 milhões de anos atrás
Pequenos primatas pulam
Fogem e comem insetos
Agarrados em árvores com mãos e pés
Pró-símios musaranhos e lêmures
Primatas comem castanhas e gramíneas
Tardamente, humanos comem carne

Época Oligoceno,
26 milhões de anos atrás
Nêmesis, atrativa irmã do Sol
Retira cometas de órbita
Atrai, rodopia; choque no sistema solar
Impacto destrutivo, biosfera expia
Micróbios sobrevivem, regenera biosfera.

Cataclismas, extinção seres vivos
Planeta Terra silencia, não morre
Biotecnologias primevas reiniciam
Microrganismos reinventam
Complexidade, matéria orgânica
Novas espécies reproduzem
Fósseis narram o passado

Para compreender o homem, é preciso agregar o estudo de todas as ciências. Comece pela vasta nomenclatura dedicada aos hominídeos, em seguida à descoberta de fósseis: Australopitecos, Plesiantropus, Parantropus, Eoantropus, Sinantropus, Africantropus, Javantropus, Paleontropus, Europantropus. Essas variedades de designações refletem a fragmentação do conhecimento nesta pequena fração da zoologia. As diferenças morfológicas são expressas em nomes diferentes. Existem 6.000 espécies de drosófilas em um só gênero da Ordem Diptera, da Classe Insecta: mosca de frutas. As moscas pequeninas possuem mais diferenças entre si do que os gorilas da Classe Mamália, Ordem Primata, da Família Hominídea, que compartilham 99% de seu DNA com o *Homo sapiens*. Por isso, gorilas, bonobos e chimpanzés são os nossos parentes mais próximos.

A variação de nomes reflete a ausência de classificação da qualidade dos fósseis humanos, tais como população local, raças, subespécies, grupos e outros distintivos que auxiliam a identificação. Os zoologistas seguem o roteiro pela caracterização de subespécies, espécies, gênero e família para análise de fósseis de hominídeos: homem de Java próximo ao macaco-homem da África do Sul. Os fósseis descrevem as principais características do gênero *Homo* — bípede, com hábitos terrestres de vida e cérebro bem desenvolvido — cuja filogênese produziu o *Homo sapiens*.

Desde o início do século XVII até a metade do século XIX, os astrônomos, matemáticos, filósofos e outros especialistas discutiam três questões que inquietavam as mentes: quem somos nós? De onde viemos? Para onde vamos? Na Inglaterra, muitos discutiam sobre a nossa existência. Robert Waring Darwin (1766-1848), médico, foi fundador da Sociedade Lunar, onde discutiam assuntos que circulavam na Corte.

Com frequência e parcimônia, na residência dos Darwin, discutiam-se as ideias que o pai transmitia ao filho Charles Robert Darwin. Um tema constantemente discutido interrogava como uma infinidade de espécies de seres vivos teriam sido desenvolvidas, talvez, desde os primórdios da vida. Este assunto interessou sobremaneira ao jovem Charles Robert, que logo desistiu de seguir a medicina. Seu pai o matriculou em Cambridge para estudar Artes e tornar-se clérigo da Igreja Anglicana.

Em Cambridge, Charles Darwin foi influenciado pelo botânico John S. Henslow, que o indicou para viajar com a tripulação do galeão *Beagle*, como naturalista. Aos 22 anos de idade, em 1831, Darwin embarcou para viagem ao Novo Mundo, pelos oceanos Atlântico e Pacífico. Durante cinco anos, Darwin coletou e observou formas de vida, compreendeu detalhes das mudanças ocorridas nas espécies de seres vivos. O jovem coletou fósseis e fez observações geológicas que sugeriram como as espécies evoluíam no decorrer do tempo.

Nas ilhas vulcânicas Galápagos, na costa do Equador, reconhecidas pelas espécies de animais raros, como a tartaruga-gigante, Darwin percebeu que grupos de pássaros tentilhões, ali isolados, tinham evoluído o tamanho do bico, comparativamente com aqueles aparentados que permaneceram no continente. Notou, ainda, que o bico dos tentilhões que se reproduziam entre os da mesma espécie, isolados, era diferente dos encontrados no resto do continente. Era observação importante, visto que implicava mudança de hábitos na aquisição de nutrientes e, logo, sobrevivência da espécie. Assim, ele pensou no processo de seleção natural. A viagem do *Beagle* durou cinco anos e, em todos os lugares que o navio aportava, Darwin catalogava e documentava observações sobre seres vivos, plantas e animais, as quais foram importantes para o seu livro *A origem das espécies pela seleção natural*, publicado em Londres, em 1859.

Graças ao trabalho minucioso de Charles Darwin, foi possível evoluir com o significado de espécie que se refere a um grupo populacional natural de indivíduos que se reproduzem quando isolados de outros grupos reprodutivos. É uma unidade de um grande “*pool*” de genes intercomunicantes. Cada indivíduo é portador temporário do conteúdo do *pool* de genes após mudanças sucessivas. Ser de uma espécie era questão de relacionamento distintivo dos seres vivos na ambiência. Atualmente, sabe-se que há 8.000 espécies de pássaros e 1.000 espécies de mosca drosófila.

Charles Darwin demonstrou que nós somos uma espécie recente na Terra, mas muita gente ainda acha que os humanos são biologicamente superiores a todas outras formas de vida. Seguindo os registros fósseis, foi possível voltar muitos milhões de anos e verificar que a escada da vida desce bruscamente: o pterodátilo deu origem aos pássaros. Estes deram origem ao canguru e destes chega-se aos marsupiais, que levam aos elefantes e estes à preguiça e ao alce. Todos eles foram encontrados em fósseis durante a primeira glaciação, antes que cruzassem o estreito de Behring e alcançassem a Europa e a Ásia e muitos deles morreram.

Com intervalos de dois milhões de anos, ocorreram múltiplas glaciações, e os sobreviventes jamais souberam que tipo de clima seria o seguinte. Foi assim que se espalharam nos continentes sem ter onde ficar durante 25 milhões de anos. Sem conhecer o tipo de mudança ambiental que iria acontecer, passaram a viver em lugares onde existia oceano, deixando suas pegadas fósseis misturadas com peixes, conchas e estrelas do mar. Fugindo da terra seca e das erupções vulcânicas, vaguearam por lugares sem abrigo, sem jamais suspeitar que estavam à procura de lugar estável para a chegada dos hominoides.

A chegada dos macacos revelou que o homem estava prestes a surgir. Após mais de três milhões de anos de evolução, tornou-se o homem, com todas as aparências.

Essa é a história do homem, que chegou à Terra há 140 mil anos. É um dos últimos intrusos na comunidade dos seres vivos interdependentes que vivem na Terra, ou seja, cerca de 13.800 milhões de anos após a grande explosão da supernova gigante que condensava os gases na atmosfera do universo e liberou os elementos químicos incandescentes que se irradiaram amplamente até se condensarem nos corpos celestes. Nos locais em que o resfriamento era compatível, os elementos químicos voláteis formaram gases na atmosfera primeva. No entanto, 80% da longa história da vida na Terra foi protagonizada pelos micróbios. Já a espécie humana foi resultante de processos metabólicos que se tornaram possíveis tardiamente.

O *Homo sapiens* não é pináculo da inteligência dos processos que organizaram o fenômeno vida. Ao se enxergar somente o interesse dos humanos, deixa de ver como a vida na Terra é interdependente. Não se pode entender a história evolucionária com isenção se você a toma como uma peça ensaiada para os humanos. Somos recombinações de reações de gases que se acumularam na atmosfera. O oxigênio foi usado pelas bactérias há cerca de 2.000 milhões de anos. Ainda hoje, essas bactérias têm DNA idêntico aos da mitocôndria, organela das células nucleadas de humanos e demais seres unicelulares e multicelulares. O desdobramento biológico das ideias de Nicolau Copérnico²

² Na antiguidade, as civilizações acreditavam que a Terra plana era o centro do universo. A ideia persistiu durante mais de uma dúzia de séculos d.C. Por volta do século XIV, as viagens de barco pelos mares eram constantes e as distâncias cobertas pelos galeões se estendiam até a Índia, quando o comércio em entrepostos das iguarias — pimenta da Índia, cominho, cravo, canela e outros condimentos — prosperou em Gênova, Itália,

revela que os humanos não estão no centro do universo e, portanto, não somos a forma de vida dominante no Planeta. Esta conclusão pode até explodir nosso ego coletivo, mas, de fato, não somos os mestres da vida, empoleirados no último degrau da escada evolucionária.

Adquirimos a sabedoria da biosfera quando nos insinuamos nos ciclos de vida de bactérias, que sabiam como permutar cópias de seus genes desde há muito tempo. Tampouco inventamos a agricultura ou como fazer melhoramentos genéticos, pois nós apenas fomos envolvidos nos ciclos de vida de plantas e de animais que procriaram milhões de anos antes de nós. Alardeamos as realizações tecnológicas, mas a escrita no sudeste da Ásia de 10.000 anos atrás deu origem aos *microchips* modernos, que não são nossas propriedades. Tudo aconteceu na biosfera interligada de toda vida e, certamente, não pertence a nós.

De acordo com a teoria da inteligência nascida com as espiroquetas, a alta tecnologia não nos pertence, pois existe desde primórdios na natureza planetária. Os homens vaidosos costumam se separar do restante da vida, enclausurados em organizações muito acima do alcance humano. Se continuarmos bem-sucedidos na investigação de outros organismos, não parece que tal situação vai perdurar. A realidade encontrada no processo da evolução sugere que o homem está no estágio invasivo, parasítico, na biosfera. Falta-lhe sabedoria para desacelerar, compartilhar e nos proteger simultaneamente com outros seres, se quisermos alcançar a longevidade evolucionária.

A história do avanço e espalhamento rápido de humanos na face do planeta é uma lenda de conquistas. Como ricos herdeiros esbanjadores, possuímos a riqueza genética dos animais que sobreviveram às

e em Algarves, Portugal. Aos poucos, caiu profundo na mente dos navegadores e dos leigos de mente criativa a ideia de que era possível ir bem mais além-mar.

extinções de milhares de anos atrás, incluindo aquelas mais abrangentes do fim do Período Cretáceo, há 66 milhões de anos, quando os dinossauros, famílias de mamíferos e o plâncton marinho desapareceram, após choque de meteorito com a Terra. Mais destrutivas ainda foram as extinções permo-triássicas há 245 milhões de anos, que mataram mais da metade dos seres vivos na Terra daquele tempo. Aquela extinção resultou da separação do Continente Pangeia para formar os continentes Africano e Americano.

Nos últimos 500 milhões de anos, houve quatro extinções mais devastadoras do que aquela que dizimou os dinossauros. Calcula-se que as mais substanciais acontecem a cada 26 milhões de anos. Uma hipótese sugere a existência de “Nêmesis”, estrela irmã do Sol. Nêmesis atrai e retira cometas de sua órbita e os envia em rodopios na direção do sistema solar, alguns dos quais impactam e destroem partes vulneráveis da biosfera. Os sobreviventes de tais devastações herdaram a Terra e o DNA regenera em novas formas de vida. A história dos humanos não é, necessariamente, mais ou menos nobre do que a das espécies que continuam vivas.

Foram iniciadas as navegações em torno de ilhas e depois de continentes. Essas ideias levaram à descoberta da América, em 1492, por Cristovam Colombo (1451-1506), e ao “descobrimento” do Brasil, em 1500, por Pedro Alvares Cabral (1467-1520). A realidade descartava o dogma da Terra Plana quando curiosos examinavam o mapa com a rota da viagem de possível circum-navegação. Fernão de Magalhães (1480-1521), que nasceu em Sabrosa, Norte de Portugal, comprou a ideia de que a terra era redonda e assinou contrato com o Rei da Espanha, que apoiou sua viagem. Em 1519, Magalhães e a tripulação de 280 homens, em cinco embarcações, partiram de Sanlúcar de

Barrameda, Cádiz, Espanha, e atravessaram primeiro o oceano Pacífico e, em seguida, o Atlântico até chegarem ao ponto de partida e provarem que a Terra era redonda.

Todavia, as circum-navegações continuaram a ser segredo de Estado e a crença da Terra plana persistiu, contrariando as observações do astrônomo grego Aristarco de Santos, 350 a.C. Somente em 1543, Nicolau Copérnico (1473-1553) apresentou seu diagrama no qual a Terra era vista como o terceiro círculo entre os doze planetas que giram em torno do sol. A demonstração no diagrama de Copérnico não eliminou o dogma que durou mais de 1.400 anos. Porém, por volta de 1610, Galileu Galilei (1564-1642) provou, pela geometria e cálculos matemáticos, que a Terra era redonda e escreveu seu livro *Siderus Nuncius*. Galileu foi processado e preso, mas já era tarde, seu livro foi publicado na Inglaterra no ano de sua morte.

Filo *Chordata*

No filo *Chordata*, os primeiros animais vertebrados, grandes e robustos, com ossos calcificados da coluna vertebral e crânio protetor do sistema nervoso apareceram há 510 milhões de anos, originado de larvas semelhantes de girinos. Com base na similaridade do desenvolvimento fetal de muitos animais e de fragmentos de ossos fósseis do registro Cambriano, há indicações de que alguns invertebrados se reproduziram antes de alcançar a metamorfose em forma adulta. Esses animais chamados cordados tinham coluna vertebral sem osso. Como as conchas do Cambriano, o cálcio empilhado tomou formas variadas, tais como os primeiros animais marinhos com armadura externa, mas sem mandíbula e se alimentavam sugando o que a água continha.

O relevo da costa modificado pelas forças geológicas deixava muitos peixes fora d'água. À medida que as enseadas e as lagoas secavam, todos os animais aquáticos primevos morreram, a exceção foi o peixe pulmonado da África e Austrália, que sobreviveu e atualmente respira na água com teor elevado de oxigênio tirado do ar da atmosfera. Os pulmões evoluíram de sacos aerados chamadas bexigas natatórias, formadas por balões do intestino. Na atualidade, pescadores mergulham com equipamentos modificados a partir dessa tecnologia de peixes ancestrais que os garantia uso de oxigênio quando ficavam retidos na lama ou em terra seca.

Na África, quando lagos e rios secam, o peixe pulmonado produz uma substância no cérebro que diminui sua atividade e o leva à hibernação. Enquanto os demais peixes morrem nos leitos secos dos rios, os peixes pulmonados sobrevivem e aguardam a próxima estação das chuvas. Outra linhagem de peixe que tem pulmão apareceu há 400 milhões de anos no período Devoniano, que evoluiu para os primeiros anfíbios. Esses teriam sido os primeiros animais que se movimentaram na costa marinha. Com mandíbula e cabeça de rã, deram essa contribuição para o desenvolvimento dos vertebrados da Terra, alguns dos quais são parecidos com peixes e anfíbios.

Os ancestrais dos anfíbios, répteis, aves e mamíferos têm pulmões com aspectos similares aos das brânquias que os permite sobreviver sem o oxigênio da água, em períodos de seca. Os primeiros anfíbios do Devoniano tardio prosseguiram no Período Triássico, de 345 a 195 milhões de anos atrás. Com pés esquisitos, resquício de cauda e escamas, a cabeça do anfíbio tinha esqueleto semelhante ao do peixe que respira fora d'água. No Paleozoico tardio, há 400 a 245 milhões de anos, nas florestas pantanosas, os anfíbios evoluíram em espécies exóticas, cuja única remanescente é a rã.

A evolução dos répteis continuou na Era Paleozoica. Por volta de 250 milhões de anos atrás, os répteis tinham deslocado os anfíbios da Terra e, também, da água por volta de 195 milhões de anos, no fim do Período Triássico. Possuíam mandíbulas fortes, pele resistente à dessecação e, muito importante, um novo tipo de ovo. Ao invés de muito pequeninos e gelatinosos como os dos anfíbios, répteis fêmeas punham poucos ovos, maiores e mais resistentes que os dos anteriores. Dentro desses ovos grandes, as formas dos répteis se desenvolviam até estar preparados para a vida na terra, uma vez que o ovo amniota com grande reserva de nutrientes preparava os répteis para viver na terra. Uma novidade do antigo ambiente do oceano, o ovo de réptil e, por último, o útero de mamíferos tinham recriado ou tomado para si o ambiente da vida aquática progressa. A casca do ovo dos répteis retém a água, mas permite a passagem do ar. Ainda hoje temos muitos tipos de lagartos, entre os quais aqueles sem pernas, e cobras cuja família evoluiu há cerca de 30 milhões de anos.

Os anfíbios jamais se desligaram da água. Continuam a fertilização de seus ovos e desenvolvem os estágios girinos em lagoas, correntes de água e em bacias. Ao contrário, as fases iniciais do desenvolvimento embrionário em répteis acontecem no ambiente aquático do ovo fertilizado. A encapsulação foi a inovação comparável ao das sementes no Paleozoico. Atualmente a anatomia comparada dos pés de lagartos, casco de cavalos e das mãos humanas mostram que tais extremidades são esporões modificados, preservando o ossículo interno, comum a todos os seres com quatro membros e coluna vertebral.

Outra mudança no curso da transição do ambiente líquido para a vida nos gases foi o desenvolvimento da proteína e da queratina da pele de répteis e pelos de mamíferos. Essa proteína foi um dos poucos

processos de inovação metabólica que não teve origem em consórcios de bactérias. *Seymouria*, o primeiro réptil derivado de anfíbio identificado em fósseis, é um animal na linha de ancestralidade direta do homem. De tais répteis, primeiros vertebrados adaptados à terra, brotaram seus descendentes em evolução chamada “radiação adaptativa”. Os répteis da Era Mesozoica, entre 245 e 66 milhões de anos atrás, cruzaram e puseram ovos sobre a terra verde e nos pântanos. Desse tronco dos reptilianos, evoluíram os mamíferos que tinham mostrado esboço de sua silhueta no Período Permiano, entre 290 e 245 milhões de anos, tão inconspícuos quanto os ouriços nos dias de hoje.

Há cerca de 215 milhões de anos, outras linhagens de répteis evoluíram para aquelas formas de lagartos esquisitos, os dinossauros. Assim como os peixes antes deles, e como as aves logo após, os dinossauros tinham coluna vertebral e punham ovos; com essas características, talvez tivessem os flagelos com padrão de microtúbulos e bastonetes sensíveis à luz nas camadas da retina dos olhos. Todos esses ingredientes eram procedentes do microcosmo. Algumas espécies de dinossauros nadavam e tinham nas costas velas carregadas que funcionavam como coletores solar reguladores de temperatura do corpo. As fêmeas punham seus ovos no interior de seu próprio corpo. Os filhos nasciam por uma abertura cloacal. Na anatomia do cérebro humano, existe o cerebelo, tronco do cérebro que também existe em macacos, serpentes e crocodilos, indicativo de nossa herança reptiliana.

A radiação adaptativa do Período Triássico, iniciada há 208 milhões de anos, disseminou as espécies de répteis — serpentes do mar, pequenos dinossauros, tartaruga, cobras e lagartos e todos os dinossauros morreram. Supõem-se que morreram porque eram muito grandes e estúpidos, cuja brutalidade teve fim. No entanto, outras evidências

sugerem que a extinção repentina dos dinossauros e de muitas outras formas de vida há 66 milhões de anos teve origem extraterrestre: planetoides que se soltaram no espaço.

Elemento químico constante em meteoritos, o irídio é abundante nos sedimentos do Período Cretáceo, particularmente aqueles de há 100 milhões de anos, período que marcou a mortandade de muitas espécies de seres vivos e no qual uma poeira de irídio teria causado um apagão prolongado em todo o mundo, causando escuridão e ausência de calor e luz no espaço. Assim, a Terra teria esfriado e a fotossíntese desapareceu. Os corpos inertes de bactérias, protistas e plantas empilharam. Foi então que bactérias, protistas, fungos e animais morreram de inanição; os grandes dinossauros sucumbiram. Muitas espécies de plantas, no entanto, teriam sobrevivido, não obstante o impacto de meteoritos na Terra, causando alterações repentinas no clima, na intensidade de luz e na elevação das marés, tendo como consequência a morte de muitas comunidades de organismos.

A entrada de meteoros, com elementos emissores de radiação venenosa, contaminaram a atmosfera, tendo como os únicos sobreviventes as plantas que toleraram as alterações sazonais.

No Período Triássico, há 200 milhões de anos, os mamíferos marcaram presença, correndo e vagueando sob a luz da lua. Eram criaturas pequenas, notívagas, ativas durante a noite. O ar frio inibe os répteis incapazes de regular a temperatura do próprio corpo. Entretanto, os mamíferos ficam mais ativos em ambientes bem frios porque o movimento dos músculos gera calor, controlado e usado. Desde o início, evoluindo a partir de criaturas parecidas com peixes ou com répteis, os mamíferos do tipo dente-de-cão *Cynognathus* lidavam melhor com o calor do que os répteis que lhe deram origem.

Ainda que alguns répteis regulem a temperatura do corpo, a atividade contínua no frio é prerrogativa dos mamíferos. Alertas ao longo da noite, os mamíferos com olhos abertos e pupilas dilatadas, perdidos ao longo do dia pela dependência do calor do sol, rumavam para o norte e para o sul. À medida que se afastavam do calor dos trópicos, desenvolveram mecanismos de proteção para manter a temperatura interna. Alguns criaram penugem e outros criaram pelos, células produtoras de queratina filamentosa que chamamos de cabelo e que protege contra o frio. A proteína resistente está presente em chifres de mamíferos, rinocerontes, répteis e em bico de pássaros.

Como os mamíferos evoluíram de répteis, as fêmeas não tinham mais necessidade de pôr seus ovos fertilizados em buracos do chão ou mesmo na atmosfera. Passaram a nutrir o novo ser dentro do seu próprio corpo, no calor do útero. Após o nascimento, o bebê suga as secreções das glândulas sudoríparas da barriga materna. Essas glândulas secretavam o suor nutritivo como líquido rico em cálcio, o leite. Desde o primórdio, mamíferos e aves se distinguiram dos ancestrais reptilianos pela atenção especial de cuidados com os recém-nascidos. A atividade parental dedicada sem precedente distingue aves e mamíferos dos seus antecessores.

Os primatas primitivos do começo da Era Cenozoica, há 66 milhões de anos, eram pequenos, ágeis para pular e fugir de predadores. Alguns desses mamíferos comedores de insetos seguravam-se em galhos de árvores com suas garras que foram modificadas com dedos das mãos e dos pés. Pareciam com musaranhos e lêmures, chamados de prossímios predadores e macacos. Fósseis de prossímios foram encontrados na Ásia e África. Hoje em dia, todos os primatas, exceto os humanos, são vegetarianos específicos — comem castanhas, frutas, gramíneas e insetos. Os humanos são os únicos comedores de carne, hábito que,

julgando pelos dentes de fósseis, foram adquiridos tardiamente na história evolucionária.

Refugiados no topo de árvores, os primatas escapam à atenção de animais menos ágeis, e tem os olhos centrados na frente para aprimorar a visão tridimensional, essencial para avaliar a distância entre os galhos. A habilidade dos humanos julgar a altura, nossa propensão de construir e pensar talvez tenha favorecido a opção de viver em grandes edifícios de apartamentos, talvez, devido ao déficit de convergência orbital, pelo movimento lateral dos olhos. Outras características de primatas arbóreos foram desenvolvidas, tais como mãos em garra e pés chatos com unhas nos dedos e cauda para apreensão, encontradas nos macacos das Américas, adaptação recente para a vida no topo das árvores.

Vestígios do passado

Atualmente, o desenvolvimento do feto humano retém vestígio de cauda desnecessária à atividade. Ocasionalmente, uma criança nasce com cauda delicada, e há quem diga que isto é obra do diabo, mesmo sabendo que o cóccix rudimentar de crianças normais seja reminiscência de nossa origem arbórea. Órgãos rudimentares são inúteis ao sobrevivente de hoje e só fazem sentido como relíquias de nosso passado evolucionário, quando eram necessários à sobrevivência. Os rudimentos evolucionários nem sempre têm estruturas como aquelas do cóccix ou do apêndice do cécum; eles podem ser verificados no recém-nascido, que naturalmente mantém punhos e mãos em garra, hábito universal de primatas ancestrais que agarravam nos galhos para evitar queda, pois dormir em árvore é perigoso e requer atividade instintiva do infante.

Pode-se imaginar porque crianças têm medo de monstros quando deixadas a sós no escuro, não obstante a segurança do ambiente onde vive. No primórdio evolucionário das espécies, tais emoções fortes tinham valor de sobrevivência: crianças indefesas deixadas na floresta eram presas fáceis, degustadas pelos predadores indesejáveis. Os primeiros primatas teriam sido covardes porque viviam escondidos em copas de árvores, limitados às atividades noturnas, longe dos olhares de inimigos? Talvez a fuga para o esconderijo e os hábitos noturnos tivessem sido importantes para a evolução dos primatas, porque a covardia incipiente requeria comportamento social cooperativo. Ao emitirem ruídos fortes, avisavam a presença de inimigos e a tática do grito vocal precedeu a verdadeira comunicação social.

Como protistas e insetos o fizeram antes deles, nossos ancestrais se uniram em grupos e juntos ousavam fazer o que seria impossível para o indivíduo.

Em várias ocasiões e locais onde havia escassez de nozes e frutas, nossos ancestrais desciam ao chão. Com olhos abertos em todas as direções com arbustos e mato alto, tomavam atitude ereta e depois voltavam a viver agachados. Aqueles que levantavam a cabeça, liberavam as mãos para cavar e arrancar raízes, atirar pedras e lançar pedaços de pau, podiam explorar o ambiente, mas os pés achataram à medida que os dedos manipulavam objetos. Hoje em dia, muitos macacos e gorilas usam os dedos para arrancar a grama e comer suas raízes suculentas, os orangotangos de zoológicos em gaiolas atiram fezes em pessoas curiosas que lhes oferecem pipoca ou milho longe de seu alcance. As potencialidades das mãos desenvolveram depois que abdicaram da atividade redundante na copa das árvores.



Conjunto de mandalas

Capítulo 14

HERANÇA MICROBIANA

O maior avanço da ciência foi possível graças à agregação de especialistas de várias áreas para solucionar problemas relacionados a suas áreas de conhecimento.

Ernst Mayr (1904-2005)

Inovação seriada
Redundância reprodutiva
Antílope nasce em disparada
Tartaruga não conhece os pais
Chimpanzé nasce de bolha uterina,
Mete a cabeça no mundo
Ereto, independente.

Bebê nasce antes de pronto
Protegido pela mãe
Crescimento prolongado
Engatinha, anda de quatro
Imita fala dos pais
Cresce pelos
Depois anda ereto.

Infante exposto ao mundo
Cultura anciã na Terra Mãe
Sobrevive agarrado ao peito
Não digere lactose
Mutações, epistasia
Produção de lactase
Leite, proteína vital.

Emerge homem primitivo
Nascido antes de pronto
Proteção parental prolongada
Tarefas diferenciadas
Uso das mãos hábeis
Peso do cérebro triplicado
Sociedade organizada.

Nascido antes de pronto
Protegido no colo materno
Período de crescimento prolongado
Engatinha, anda de quatro
Em volta do robe da mãe
Imita linguagem dos pais
Posição bípede tardia.

Evolução pós-moderna
Quimera, filme de ficção
Altera programação genética
Neotenia, maternal
Salto reprodutivo
Caricatura de evolução artificial
Dependência econômica.

À medida que a produção excessiva de cálcio gerava simbioses com locomoção rápida e relacionava materiais primários para moldar esqueletos e operar a mitose, os primatas eretos viram que suas extremidades em garra eram redundantes, dispensáveis. A provisão extra de elementos replicáveis, direcionados para novas funções, pode ser considerada inovação redundante, nos níveis molecular e social. A inovação redundante molecular ocorre quando plantas dispensam restos de alcaloide para novas atividades ou quando os animais desenvolvem

glândulas hormonais a partir de bioquímicas pré-existentes que são usadas casualmente para comunicação entre as células de sistemas genéticos de seus ancestrais.

Inovação seriada redundante ocorreu quando as sociedades de cupins e abelhas divergiram e se organizaram em trabalhadores, soldados e rainhas. As sociedades especializam quando as células formam clones de membros que a compõem. Todavia a especialização que confere sobrevivência só ocorre quando há superabundância, ou redundância de elementos reprodutivos. O uso das mãos para tarefas diferentes de locomoção se torna absolutamente necessário para a emergência do homem primitivo.

O homem nasce desprotegido

Para os macacos, nós nascemos muito cedo, antes de estar prontos. Após o nascimento, o peso médio do cérebro humano quase triplica nos primeiros dois anos, de 350 para 1.000 gramas. Enquanto chimpanzé e orangotango ficam na “bolha” uterina, os humanos põem a cabeça no mundo exterior, que nos molda muito cedo, quando somos maleáveis e vulneráveis. Diferentes dos antílopes, nascidos em disparada, e dos bebês de tartarugas que não conhecem seus pais e já nascem preparados para o mundo exterior, os bebês humanos nascem desprotegidos, completamente dependentes, e requerem longo período de maturação em associação com adultos.

O período extenso de crescimento sob proteção no corpo materno é muito longo. Por que a evolução tomou a direção oposta com os humanos?

Os registros fósseis mostram que nossa posição bípede, nosso andar em duas pernas, precede o desenvolvimento da cabeça proeminente.

De fato, macacos com cabeças pequenas e passadas eretas não são humanos. Alguns macacos podem ter tido filhos prematuros com menos dificuldade por ter a cabeça pequena, e podem ter sido premiados com experiências do duro mundo exterior precocemente, dando-lhes mais tempo para modificar o comportamento. O macaco experiente pode ter aprendido melhor em tenra idade, quando a sobrevivência do adulto é incerta.

Desde que o nascimento prematuro é, em parte, programado pela genética, os macacos que retiveram caracteres da infância durante a adolescência poderiam ter tido mais bebês prematuros e neonatos mais crescidos do que seus contemporâneos. A mudança genética produziu pressão seletiva crucial para mais nascimentos e mais linhagens de macacos prematuros. Os bebês de macacos, nascidos sem pelos e subdesenvolvidos, ou morreram ou foram protegidos e educados no mundo exterior. Alguns cresceram como adolescentes sem pelos e retiveram as feições infantis até a idade adulta.

Os macacos que procriaram bebês com cérebros maiores, nasceram tardiamente e são mais inteligentes que quaisquer outros. Este cenário pode ser potenciado pela seleção sexual; quando os machos escolhem esposas com quadris largos, nádegas grandes e canais do parto mais amplo, que talvez pudessem reproduzir filhos com cérebros maiores.

O nascimento precoce também tem suas desvantagens, pois a mente fica sem defesas em um corpanzil. Em tais situações, a família e a civilização adquirem novos hábitos: as mulheres mudam suas estratégias de seleção sexual e voltam a desejar um novo tipo de homem macaco. As mulheres passam a escolher homens de cérebro grande e estes escolhem mulheres de quadris largos; alças de complementaridade se formam e a inteligência começa a gerar inteligência. Entre os humanos, os pais cuidam da criança frágil, com desenvolvimento incompleto.

Dito com simplicidade, ao invés de jogar pedras e matar pequenas caças, os humanos foram catapultados para um novo nicho evolucionário. Desenvolveram habilidades necessárias para programação e trajetória de projéteis, para destruição à distância, que levaram ao aumento de tamanho do hemisfério cerebral esquerdo. As habilidades de linguagem associadas com o lado esquerdo do cérebro, que controlam a mão direita, podem ter acompanhado imperceptivelmente o aumento do tamanho do hemisfério do lado esquerdo do cérebro.

Há a hipótese de que a predominância da mão direita surgiu quando as mães, cassando sozinhas, carregavam crianças junto à mama esquerda para mantê-los quietos ao ouvirem o som do coração, enquanto atiravam pedras com a mão direita. Assim, a predominância do uso da mão direita para escrever pode ser explicada pelo aumento de parte de nosso cérebro hábil em funções sequenciais, originalmente reforçadas pelas mães ancestrais que atiravam pedras em pequenas presas com grande sucesso.

No mundo pós-macaco de gestação precoce, as fêmeas perderam o estro e não mais tiveram o desejo sexual apenas num momento específico do ano, se tornaram mais atrativas. Ao contrário dos humanos, ainda hoje, todos os macacos de pequeno e grande porte entram no estro, quando a genitália de babuínos, gorilas, orangotangos e demais macacos mudam as cores em resposta às alterações hormonais que atraem os parceiros sexuais. Já as mulheres humanas são diferentes porque podem ter desejo sexual em certo momento sem recorrer ao estro. À medida que as mulheres são receptivas ao sexo durante todo o ano, há menos necessidade de o homem sair à caça de parceira sexual. A família que se deita junta tem tendência a permanecer junta. A mudança na organização social fez com que o homem dedicasse mais tempo à família, e, conseqüentemente, abandonasse o sexo aleatório. Porém, um macaco que

assiste a uma macaca e seu filho indefeso pode permanecer ocupado com apenas uma fêmea ou duas, das quais ele demanda receptividade sexual.

Origem das famílias

Bandos nômades e vilarejos nascem à medida que homens, mulheres e crianças se unem em comunidades que funcionam como protetores ancestrais de novas unidades de famílias. Talvez a ideia de a Mãe Terra fortalecer as culturas com a exposição de crianças ao mundo exterior, num período da vida em que estariam mais preparadas para viver no útero, tenha significado psicológico: a Terra substitui a mãe e o mundo se transforma num segundo útero.

A manutenção do filho indefeso junto à saia da mãe realça a importância materna no primórdio do homem, visto que quase todos os mamíferos perdem a habilidade de digerir lactose após a infância. A lactose é prejudicial à saúde de muitos humanos, porém a maioria dos jovens e adultos bebe leite porque uma mutação epistática modificou o genoma da população. A geração de adultos tolerantes ao leite revolucionou a agropecuária com as práticas de ordenha de vacas, cabras e ovelhas. Isso gerou uma demanda constante de proteína animal que não requeria a eliminação da presa. Consequentemente, orientou o setor industrial não só para a produção do leite como para a fabricação dos produtos derivados, tais como queijo, iogurte, coalhada e manteiga. Outro bônus foi a presença no leite da vitamina D, que transporta cálcio e evita o raquitismo, doença dos ossos. Entretanto, a revolução agrícola, com arados puxados pelos animais castrados, domesticados, trouxe a divisão social do trabalho que caracteriza a civilização humana: separação entre ricos e pobres, lordes e serviçais, homem e mulher.

Escultura de barro e placas adornadas com desenhos simbólicos revelam adultos com face de crianças e sinais simbólicos de neotenia, na Mesopotâmia, há 5.500 anos. Enquanto examinamos as neoténias sobre a evolução das espécies, é preciso lembrar que este retrato é um detalhe de nossa história multidimensional. Sugere-se subir ao mundo microbiano para compreender a nossa história.



Capítulo 15

SALTO REPRODUTIVO

*Não entendeis que nós não somos mais que
vermes vis, dos quais a ninfa cresce, por se elevar
aos sumos tribunais?*

Dante Alighieri. *A Divina Comédia*, Canto X,
versículo 124

Triunfo evolucionário
Antecipação épica do herói
Emerge tossindo, grita em busca de ar
Quatro membros, modernidade bípede
Cabeludo sai da caverna escura
Mito de desenhos arqueológicos
Herança microbiana.

Multiplicidade de populações
Famílias de primatas
Primo de chimpanzés e orangotangos
Andar ereto, balança mãos livremente
Homínides, família Pongidea
Hominídeos, família Hominidea
Todos os homínides sobreviventes

Dois tipos de homínides
Neanderthalis, homem macaco
Australopithecus, macaco homem
Homo sapiens sapiens, homem inteligente
Australopithecus extintos
Neanderthalis, substituídos pelos cães de guarda
Homo sapiens e cães alcançaram a América

Três espécies pré-históricas do gênero
Homo erectus, *Homo habilis*, *Homo sapiens*
O primeiro, escultor de ferramentas de pedra
O segundo, primeiro a usar o fogo
Duas subespécies do terceiro
Homo sapiens neanderthalis, *Homo sapiens sapiens*
Todos extintos, exceto nós duplamente sapiens.

Hominóides, dois milhões de anos atrás
Reconstrução fóssil preservada
Linhagem primata: bonobos, gorilas, chimpanzés
Lucy no céu com diamantes.
Hominídeos, Homo 140 mil anos
Estrutura física, química, facial
Australopithecus afarensis, África Tropical.

Um peixe pulmonado singrando na água, desenvolvendo membros de anfíbios para engatinhar na terra e, eventualmente, levantar-se em triunfo após longo processo evolucionário é a antecipação épica do ser humano. A realidade atual mostra um herói que emerge do canal do parto tossindo, gritando em busca de ar, para mais tarde aprender a engatinhar e andar. Precocemente os humanos evolucionários saíram da caverna com porrete na mão para assumir sua posição atual na modernidade. O homem cabeludo saiu da caverna escura na pré-história, mas não cabe narrativa simples. O mito cultural tem sido reforçado por cartunistas de histórias arqueológicas infantis, mas o homem das cavernas não é o homem de hoje.

A complexidade da origem da vida é difícil de imaginar, mas uma coisa é certa: nossos ancestrais primevos são os micróbios. Não é possível abstrair da história de 30 milhões de gerações de mamíferos dissimilares um retrato perfeito ou imagens literárias sem distorções.

Por isso, existe a tendência de ligar pontos para reconstruir indivíduos, família, em imagens antropomórficas.

Essas visões nos afastam da verdadeira multiplicidade das populações de seres não humanos. Não somos primatas, animais que temem o frio das estepes. Estes são mais abundantes nos trópicos do velho mundo. Ali se abrigavam os primatas mais primitivos. Objetivamente, os humanos são colocados nos grupos taxonômicos de chimpanzé, orangotango, babuíno, bonobo e outros primatas milenares. Não há base fisiológica para classificar os humanos em sua própria família *Hominidae*: homem, macaco, macaco-homem, separadamente dos macacos grandes *Pongidae*: gibões, gorilas, chimpanzés e orangotangos. Um anatomista extraterrestre nos colocaria juntos, sem hesitação, na mesma subfamília ou no mesmo gênero. Certamente, humanos e chimpanzés são mais próximos do que abelhas escolhidas aleatoriamente. Não obstante, os animais que andam eretos com as mãos balançando livremente são definidos como homínídeos da família *Hominidae* e não como macacos da família *Pongidae*. Somos os únicos homínídeos vivos na Terra.

Partes distintas de diferentes homínídeos foram encontradas em fósseis. Dois tipos identificados iluminaram a imaginação de antropologistas: animais na penumbra entre homem e macaco são *Australopithecus* (macaco-homem) e *Homo* (homem-macaco). Várias espécies do gênero *Australopithecus* viveram até há meio milhão de anos, quando foram extintas. Alguns *Australopithecus* podem ter sido nossos ancestrais. Na ausência de explicação para a extinção deles, antropologistas especulam que os humanos podem ter preferido que seu primo *Homo*, mais estúpido, se tornasse o primeiro membro da humanidade original.

O fim do grande homínídeo vegetariano teria sido antecipado pelos massacres dos homens-macacos *Australopithecus robustus*,

quando criaram dependência destrutiva dos verdadeiros humanos. Membros da espécie foram escravizados pelos membros do gênero *Homo*. Teriam sido substituídos pelos cães que faziam a guarda, tinham melhor olfato e de menor porte, sendo mais fácil mantê-los.

Três espécies pré-históricas são identificadas como membros do nosso gênero *Homo*: *H. erectus*, *H. habilis*, e *H. sapiens*, o mais ancestral. O *Homo habilis* esculpia ferramentas de pedra. O *Homo erectus* foi o primeiro a usar o fogo. O *Homo sapiens* é a nossa espécie. O gênero *Homo* tem pelo menos duas subespécies: *Homo sapiens neandertalis*, e nós, *Homo sapiens sapiens*, sem o menor vestígio de humildade. Todos foram extintos, exceto nós.

Os hominídeos surgiram no cenário há 2 milhões de anos. Sua história foi reconstruída em cerca de mil fósseis bem preservados. Os hominídeos extintos constituem a linhagem primata que leva a nós e não aos gibões, gorilas, chimpanzés e orangotangos. Os hominídeos *Homo* que se tornaram humanos e os *Australopithecus* extintos tinham distintivos: tropical e africano. Os humanos são mais parecidos na estrutura física, química de proteínas, expressão facial e comportamento social com os macacos da África Tropical do que com qualquer outra espécie de animal.

Enquanto os contadores de histórias de caçadores-catadores surgiram recentemente no drama evolucionário, apenas centenas de anos atrás, nossa espécie transita em proximidade crescente com os *Australopithecus* africanos. Tudo indica que descendemos de mães como a mulher-macaco Lucy, nome tirado da canção dos Beatles: “Lucy no céu com Diamantes”, que tocava nas emissoras no período em que a escavação arqueológica descobriu seu fóssil no norte da África, com mais de três milhões de anos. Uma réplica de gesso de seu esqueleto fóssil achado em Afra, na Etiópia, era guardada no Museu Nacional do Rio

de Janeiro. Lucy andava na posição ereta de andar e correr e tinha 1 metro e 10 centímetros de altura. Da linhagem de macaco *Australopithecus afarensis*, viveu há mais de três milhões de anos, com cara de chimpanzé. A réplica dos ossos de Lucy estão guardados num cofre, recuperada do incêndio no Museu Nacional do Rio de Janeiro, em 2 de setembro de 2018.



Cristais

Capítulo 16

SOLUÇÕES CRIATIVAS

Ao longo de bilhões de anos, a vida tem resistido a tudo, menos à tentação.

Pleistoceno, 140 mil anos atrás
Irradiação epidêmica, homem primitivo
Lar tropical distante, frio e neve
Hipopótamos, mastodontes, tigres dente-de-sabre
Sem calor
Extinção, frio glacial, neve congelante
Descendentes do gelo.

Primatas modernos caçam
Vestem pele de leão e gato selvagem
Estratégia, sobrevivência,
competição e guerra
Abismo, extinção
Humano, natureza perversa
Índole belicista, herança homo.

Inventor prático,
Tentativa e erro delineiam caminho
Código genético supera empirismo
Experiência *versus* conhecimento
Intenção criativa
Imitações biotecnológicas
Inovações artificiais.

Homem prematuro
Tecnologia e inovação
Ciência, energia nuclear,
Questão de ética, intelectual.
Saúde pública reduz mortalidade infantil
Crescimento populacional
Empobrecimento, exclusão social.

Os ancestrais dos humanos que viveram na Era Cenozoica, de 7 a 2 milhões de anos atrás, prosseguiram na época geológica do Pleistoceno há 140 mil anos até hoje. Naquela época, grandes blocos de gelo cobriam a Europa Central, Ásia, Sibéria e parte da América do Norte. As geleiras também alcançavam a Nova Inglaterra e chegavam até Indiana e Ohio. O homem primitivo se espalhou de forma epidêmica a partir do lar tropical relativamente quente. Distante daquele lar, foi pego desprevenido pelo frio severo e pela neve, para os quais não estava preparado. Com a volta do calor nos períodos interglaciais, os blocos de gelo se dissolveram.

Os animais pleistocênicos gigantes, tais como hipopótamos, mastodontes, rinocerontes e tigres dente-de-sabre, mamíferos acostumados com o calor, não sobreviveram no período glacial. Esses animais e humanos, agravados pela fome, migrantes, foram substituídos por nova fauna. Bois almiscarados, mamutes, rinocerontes peludos, lêmures, bisões, búfalos, renas e outras bestas foram forçados a viver no clima gelado persistente, ou seja, nossos ancestrais viveram nos trópicos, já seus descendentes são da idade do gelo.

As datas da idade do gelo não são precisas. A primeira teve início há 700 mil anos, enquanto a mais recente, há 11,7 mil anos, cobriu o território que corresponde à metade da América do Norte.

O mais longo registro dos nossos ancestrais ocorreu na África Ocidental e se estendeu de 2,6 milhões de anos até o mais recente período glacial. Na Garganta de Olduvai, na Tanzânia, os fósseis são reveladores. Nas escolas locais, os bancos de pedra representam os primórdios da indústria mais antiga, e sementeira tecnológica de martelos, bigornas de pedras e outros instrumentos empregados no trabalho artesanal. Foi encontrado o esqueleto de um elefante extinto. Já os esqueletos humanos não foram encontrados, mas sua arte sugere que eram seres semelhantes aos trabalhadores da atualidade: dependiam de seus parceiros para obter alimento, caçavam juntos e compartilhavam o que obtinham, algo importante no desenvolvimento da cultura e da civilização humana.

Os hominídeos de Olduvai comiam bem e suas mulheres tinham filhos saudáveis — alguns dos quais aprenderam a usar os instrumentos dos pais —, compartilhavam planos de caça e produziram mais descendentes que os demais bandos de macacos menos organizados.

A civilização moderna e a extensão da inteligência e da habilidade animal estavam presentes nos nossos ancestrais primatas. A socialização dos povos primitivos, imposta pelas intempéries, foi um processo difícil e implacável. Construindo e compartilhando objetos, caçando e vestindo peles de leões e gatos selvagens, os mamíferos primitivos aprenderam a ser mais espertos e ameaçadores. A coesão do clã dos caçadores de elefantes na planície primeva tem sido preservada em culturas modernas.

As estratégias de sobrevivência bem-sucedidas têm seus corolários modernos em competições esportivas e na guerra. Como no futebol, a caçada ficou reduzida ao simbolismo de grupos de homens ou mulheres, perseguindo um objeto feito de bexiga animal. Mas, ao contrário,

a atividade tribal da guerra não diminuiu, expandiu-se. Atualmente, o *momentum* do grande jogo da guerra nos empurra para a beira da nossa autoextinção. As tecnologias de guerra empurram a humanidade a pensar que os humanos não são mais elevados nem mais avançados; somos simplesmente os restos abandonados da natureza animal perversa.

Para a gente belicista, a corrida armamentista não é um mal necessário nem uma anomalia patológica, é apenas a força que emana da índole de uma fração da humanidade que prefere a guerra. Na desordem econômica vigente, a evolução humana carece de aspectos de cooperação e compartilhamento, enquanto sobram guerras e massacres.

O inventor prático colocava na mente apenas a ideia vaga e o intuito de realizar uma obra criativa. Nesse caminho, ele é estimulado pelos insucessos, e cada erro delineia um novo caminho a prosseguir. Nesse zigue-zague, por fim, chegará ao final imaginado. Só então chega o conhecimento teórico que sugere o rumo mais compreensivo. Nesse processo, uma nova ideia tem a companhia constante da intuição; porém, o caminho da evolução biológica foi empírico apenas até a invenção do código genético.

O conhecimento inato define as possibilidades do que pode ser criado, visto que cada indivíduo tem potencial diferenciado pela herança de seu código genético que processa a informação. Nessa fase de processamento, a experiência acumulada em milhões de anos e em milhares de gerações de seres vivos sugerem as novas soluções criativas para as questões mais difíceis, e as melhores imitações de biotecnologias que se conhecem hoje.

A discrepância entre os objetivos da tecnologia e da evolução biológica é um problema de natureza ética, pois seus regulamentos são díspares. A ciência pôs a energia nuclear à disposição do homem,

prematuramente, mas os primeiros passos rumo ao cosmos foram lentos. Enquanto os sucessos da saúde pública diminuíram a mortalidade infantil e promoveram o crescimento populacional, as tecnologias da informação, apesar de suas propaladas possibilidades de promover o acesso ao conhecimento, transformaram-se em vias do adoecimento, da criação de mitos, da divulgação de notícias falsas e das teses estapafúrdias que fomentam a ignorância. Mesmo assim, em pequena escala, já começamos a ver no Brasil a tecnologia contribuindo para a construção da identidade de comunidades marginalizadas que criam seus próprios sistemas e veículos de informação, seus bancos de crédito, sua rede de solidariedade na pandemia da Covid-19, e outros mecanismos que reforçam a cultura local. De qualquer forma, o homem segue sendo objeto e escravo, um ser capaz de entender a evolução biológica e produzir conhecimento novo, porém, a cada dia, perde mais a capacidade de decidir sobre o seu destino. Na ausência da ética do bem-estar, o programa tecnológico sem o componente essencial das ciências humanas tem tido efeito devastador. A alternativa de as novas tecnologias tornarem-se instrumento para alcançar o objetivo de bem-estar social deve ser mais bem avaliada e definida pela civilização, com aprovação moral da sociedade. A questão diz respeito ao rumo do uso da tecnologia e não tem relação com condenar ou elogiar, mas a sociedade deve ter influência no seu direcionamento. Exemplos típicos dessa necessidade são encontrados no possível uso do arsenal de bombas atômicas, no uso de gases tóxicos e de micróbios letais como agentes de destruição em massa. Há necessidade urgente de aprovação de leis e regulamentos que impeçam práticas nefastas de indústrias poluentes que contaminam o meio ambiente e fazem com que o ar das metrópoles fique irrespirável. É chegado o tempo de regulação das tecnologias.

Humanos egocêntricos farão a poda do jardim do Éden na nova versão de seleção artificial?

Não se trata, pois, da condenação da tecnologia como origem do mal apocalíptico que condena a salubridade do meio ambiente. O cerne do problema está na ineficiência da regulamentação e da coordenação do uso das tecnologias. Os atuais instrumentos de regulamentação devem excluir tecnologia amoral, mediante instrumentos legais que previnam a má utilização. O interesse social não pode sucumbir ao interesse do mercado avarento. Seguramente, as tecnologias e as inovações do homem devem ser controladas pelos sistemas sociais, mitigando o conflito de interesse. Isso porque as tecnologias podem ser mais agressivas do que se tem noticiado, haja vista suas ingerências na vida psíquica e seus efeitos deletérios à saúde dos seres vivos. Nada que comprometa a saúde e o bem-estar pode ser justificado com o progresso a qualquer custo, considerando-se, por exemplo, a pandemia de angústia e depressão que culmina em suicídios, mal do século XXI. O argumento de que até cadeias de montanhas viram areia e são arrastadas pela água e pelo vento não justifica a amoralidade das tecnologias belicistas, pois esse argumento tem forte componente clínico, visto que, nas agressões tecnológicas, o agente indutor é o homem, com direitos e obrigações de todo cidadão, enquanto aqueles que atuam na remodelação da paisagem da Terra são oriundos da força cósmica que foge do controle do homem frágil e efêmero.



Capítulo 17

DESENVOLVIMENTO DA LINGUAGEM

Ó aracne, que eu via, por sinal, em mutação, ao pé da tecelagem, que belamente urdiste, e foi teu mal!
Dante Alighieri. *A Divina Comédia*, Purg., p. 43-45.

Linguagem instrumento perigoso
Lâmina afiada,
Lasca de pedra pré-histórica
Antigos caçadores
Sons diante do perigo
Grito de alegria na fogueira
Cheiro de carne de presa abatida.

Festejo, vocabulário primordial
Laringe primitiva,
Instrumento da fala
Comunicação salva e ameaça
Ritual celebra a matança,
Sucesso da caçada
Hieróglifos, ideogramas.

Civilização, linguagem, alfabeto moderno
Danças ilustram idade pedra lascada
Exploração e conquista do velho mundo
Após 10 mil anos, 240 mil ancestrais
Se todos estivessem vivos
Parentes do pai seriam parentes da mãe
Chineses, ugandenses, poloneses, indistintamente.

Uma só gente
Origem comum a todos
Ancestrais microbianos
Saltos biotecnológicos espetaculares
Fotossíntese há dois bilhões de anos
Fogo há 400 mil anos
Agricultura há 10 mil anos.

Célula fotovoltaica
Fissão e fusão de átomos
Irradiação UV, seca, aquecimento
Micróbios mudam o ambiente
Recombinação de DNA
Interação de proteínas
Memória gravada ácidos nucleicos.

A linguagem é um instrumento tão perigoso quanto a borda afiada de uma lasca de pedra pré-histórica. Seu desenvolvimento ancestral e progressivo entre os povos antigos era ligado ao prazer dos sons vocais emitidos pelos companheiros de caçadas ou em torno de fogueira, enquanto comiam a carne da presa abatida. Os sons representativos de palavras eram repetidos e associados com eventos e aromas pelos caçadores que participavam da festa. Ao longo de muitos festejos, foi desenvolvido um conjunto de palavras primordial. Qualquer vocabulário é melhor que nenhum, quando a sobrevivência está em jogo. Aqueles que associavam palavras em comum podiam organizar as melhores caçadas — não apenas de animais quadrúpedes, mas, também, entre si.

O desenvolvimento de uma laringe primitiva como instrumento da fala foi parte da bagagem física bem-sucedida, pré-requisito da comunicação verbal ameaçadora ou letal. Gravuras eram feitas com

sangue animal, nas cavernas e nas encostas. Aqueles grafites primitivos indicavam ritual de celebração de assassinatos, matanças. Por muitos séculos, estas representações foram reconhecidas e interpretadas. As marcas ritualísticas tornaram-se hieróglifos (símbolos) e ideogramas (retratos) da civilização ocidental. O simbolismo abstrato da linguagem alfabética moderna substituiu a linguagem romanceada antiga. Há relatos de que os egípcios tinham registros, rascunhos de mapas, de caçadores-coletores que mostravam o movimento dos planetas e das estrelas desde há 40 mil anos.

Os humanos deixaram registros sobre a exploração e a conquista do Velho Mundo há 30 mil anos. Ilustrações de lanças indicam que viveram na idade da pedra lascada. As pinturas mais famosas são aquelas das cavernas de Altamira, na Espanha, e de Lascaux, na França. Estes achados europeus datam de 40.000 a 10.000 anos atrás. As pinturas elegantes de caçadores tinham em comum grandes bestas sem cabeça ou com expressão bovina. Os pintores antigos usavam pigmentos de óxido de zinco há milhares de anos, o que indica a presença de *Homo sapiens* na Terra, pois somente pessoas pintam, planejam expedições e exploram o fundo de oceanos escuros, enterram seus mortos com cerimônias pomposas. A pesquisa sobre a história de nossos ancestrais é a busca do contador de história e do artista.

As raças do homem moderno apareceram tão recentemente que nem entram na linha do tempo da origem da vida. As diferenças entre as raças em todos os continentes têm sido dramatizadas sob o interesse de subjugação. Todos têm dois pais, quatro avós, oito bisavós e assim por diante. Desde que são necessários 25 anos para cada nova geração, quatro gerações em cada século, chega-se à conclusão de que, em 40 mil gerações, teríamos acumulado 240 mil ancestrais. Este total excede a

estimativa da população humana há cem mil anos. Caso aqueles ancestrais estivessem vivos há dez mil anos, a maioria dos parentes de seu pai era parte da mesma gente parente de sua mãe. Isto quer dizer que não importa se foram chineses ou africanos, ou ingleses darwinianos, seus ancestrais e os ancestrais de seus ancestrais são a mesma gente.

A irradiação humana parece ter iniciado na Ásia Central, de onde seguiu para Bornéu, Austrália e Leste Europeu. Há 35 mil anos, foram para a Europa Ocidental e alcançaram a Sibéria e o Zaire há 32 mil anos e a Namíbia e a América do Norte há 19 mil anos. Os ameríndios se espalharam por todas as partes da América do Sul há cerca de 10.500 anos. Com volume craniano acima de 1.500 centímetros cúbicos e propensos ao tribalismo, poesia e outras habilidades, todos os humanos são mais parecidos uns com os outros do que qualquer um de nós com o *Australopithecus afarensis* ou com o *Homo erectus*. Todavia, a continuidade do homem macaco Pleistoceno com os humanos de hoje pode ser verificada nos fósseis. A nossa história tem sido reconstruída por mandíbulas, fendas cranianas, instrumentos de pedras e pinturas rupestres. Tudo isso nos leva ao encontro da evolução darwiniana clássica. Nos humanos e em todas as espécies, as mudanças nas populações ocorreram ao longo do tempo em resposta às pressões seletivas. Essas são encontradas em macacos que comem insetos, frutas e nozes e caçadores de quadrúpedes que usavam lança e machados. Nem sempre as pistas facilitaram as buscas de marcas distintivas de estágio evolutivo, como na transição de pequenos mamíferos notívagos de copas de árvores até os hominídeos bípedes de andar ereto. Contudo, há continuidade entre os pequenos macacos do Mioceno e os *Australopithecus* do Pleioceno, até o *Homo sapiens neanderthalensis* e o *Homo sapiens sapiens*.

Os *Neanderthalensis* da Europa foram substituídos há 35 mil anos por pessoas semelhantes ao que nós somos hoje. Os *Neanderthalensis* morreram sem deixar descendentes. Alguns acreditam que os primeiros se transformaram gradualmente no povo CroMagnon da Europa — *Homo sapiens sapiens* —, mas outros acham que os CroMagnon destruíram os *Neanderthalensis*, e seus descendentes híbridos se tornaram o estereótipo do homem europeu. As diferenças na espessura das sobrancelhas e mandíbulas, o andar curvado e as pernas robustas foram produzidas pelas mudanças hormonais.

Os paleontologistas que estudam fósseis de animais marinhos e aqueles outros que estudam anfíbios, répteis, aves e fósseis de mamíferos concluíram que é possível distinguir as espécies animais vertebradas após um milhão de anos. As espécies invertebradas podem ser distinguidas claramente após sete milhões de anos. Como os vertebrados da espécie *Homo sapiens sapiens* têm pelo menos 100 mil anos de idade, nossos fósseis persistirão por mais de meio milhão de anos. Há quem pense que a espécie humana pode viver em todo o sempre porvir. Porém, a nossa espécie não poderá ser substituída por nenhuma, por uma ou por mais de uma espécie de descendentes dentro de, pelo menos, um milhão de anos. Essa conclusão é resultante da experiência acumulada pelo estudo das demais espécies.

A modernidade

Nossos ancestrais, com aptidão especial para a cultura, chegaram à cena microbiana no primórdio mais ancião. A Pátina Planetária, camada bacteriana subjacente, logo se estendeu em proporções ilimitadas no cerne do macrocosmo. Os primeiros humanos se espalharam

a partir de seu Éden Tropical da África. Homens-macacos se reproduziram como *Homo erectus* e *Homo habilis* há cerca de um milhão de anos. Seus descendentes, *Homo sapiens*, dispersaram em grandes levas a partir da Ásia Central há mais de 50 mil anos. Usavam roupas de pele de animais, construíam casas, com vastas ramificações de suas habilidades para pensar e trabalhar juntos em coletivos. Nossos ancestrais procriaram e criaram, dominaram e predominaram; aprenderam a cultivar plantas, a ensinar ou a enganar uns aos outros; mas transferiram a informação para seus filhos cuidadosamente, quando se tornaram mais inteligentes e sociáveis. E foi assim que incorporaram os símbolos da arte, da fala, da escrita, da magia, da religião e da lógica. Cerca de 2,6 mil anos atrás conheceram a ciência com Thales de Mileto (624-546 a.C.), na Grécia.

Muita gente navegou para alcançar a costa da Nova Inglaterra. Dali alcançaram os desertos da Arábia. Outros reiniciaram e chegaram às planícies acima dos fiordes profundos da Escandinávia, e, também, navegaram em canoas para as ilhas inacessíveis do Oceano Pacífico, ou até prosseguiram para as calotas de gelo polar. Desses lugares os humanos se espalharam pelo mundo. Todavia, há pouco mais a dizer em adição à fecundidade que diferencia o *Homo sapiens sapiens*. A sementeira dos mamíferos, com todas as suas realizações, teve origem nas recombinações bacterianas ao longo de éons.

Ao adquirir da bactéria a respiração mitocondrial que transforma oxigênio em energia, alcançou o sistema de mobilidade com processamento de informação, como operam todos os animais. É possível romancear a história com as pinturas nas cavernas de Lascaux, criadas por criaturas que saíram das árvores para andar como bípedes e olhar a lua, mas o conhecimento objetivo revela que, com a respiração

mitocondrial e com os microtúbulos de bactérias flageladas, as células se multiplicaram e, finalmente, pousaram na lua.

A expansão extraterrestre do micromundo já começou, sem querer arrotar vantagem de que somos a espécie escolhida. Na verdade, alguns cientistas acham que o possível sucesso de semear a vida no planeta é apenas um por de sol. Ao contrário, outros sugerem que o aparecimento, a expansão e o desaparecimento nos registros fósseis têm precedente histórico abominável. As lições dos fósseis avisam que as formas de vida bem-sucedidas se encontram próximas do fim da sua chupeta biológica. Antes de extinta, tais espécies reproduzem em grande profusão. Haja vista as espécies de *Archeodactilos* e *Trilobitas* do período Cambriano e os dinossauros do Cretáceo. Seriam tais extinções as simples devoluções?

Um exemplo de devolução é visto na placa de Petri (discos redondos de 10 cm de diâmetro, com tampa) usada no laboratório para crescimento de microrganismos. Nutridos com agar gelatinoso extraído de algas, os micróbios são mais prolíficos nas gerações que precedem imediatamente o colapso da colônia. Com a redução de nutrientes, milhões de bactérias param de crescer e morrem por inanição. Sem o cuidado de não reproduzir sensacionalismo e medo, de acordo com a possibilidade da teoria da evolução, é possível imaginar as implicações do crescimento da população, quando não se pode considerar sinônimo de progresso civilizatório.

Nesse caso, a ciência é mera espectadora consciente da má distribuição da riqueza, particularmente, de nutrientes no modelo simplificado de crescimento de bactérias em placas de Petri, no laboratório. A erudição na forma de conhecimento científico é essencial para compreender a biosfera onde as espécies vicejam e, ocasionalmente, são extintas.

O mais importante é pensar que não somos seres superiores a outros organismos porque temos todos os componentes em comum, e, realmente, somos diferentes tipos recombinados de nossos ancestrais microbianos. Porém, o microcosmo bacteriano ancestral pode estar na iminência de grandes mudanças, tais como vistas em qualquer indústria, pois os acontecimentos presentes indicam que não mais serão controlados pelo homem. Os saltos tecnológicos após a II Guerra Mundial são estarrecedores. Há quem acredite que a vida está na beira de uma grande catástrofe, após 4.000 milhões de anos. O microcosmo está passando por tais extravagâncias que ninguém sabe o que pode acontecer no tempo geológico próximo.

Com relação à conversão de energia, a fotossíntese de 2.000 milhões de anos atrás gerou o fogo há 400 mil anos, a agricultura há 10 mil anos e o vegetarianismo há apenas mil anos, até chegar aos métodos de utilização de energia originada pela fotossíntese, armazenada em contêineres fósseis, na forma de carvão e petróleo. A economia da vida está mais abrangente com células fotovoltaicas que captam diretamente a energia solar, enquanto a fissão e a fusão continuam a produzir as reações atômicas que acontecem no sol e produzem energia diretamente da matéria.

As novas conquistas são vistas na linha do horizonte. Profundas modificações são encontradas em duas séries de saltos da vida, recombinando cadeias de DNA e procariotas. A seleção natural, preservando a bactéria e seus descendentes com respostas efectoras no microambiente, produziu soluções para o aquecimento, a seca e a irradiação ultravioleta. Os mecanismos cumulativos geraram informação nas sequências de ácidos nucleicos e na capacidade de interação de RNA e DNA com proteínas.

Há cerca de 700 milhões de anos, a evolução do sistema nervoso e do corpo montou as bases do pensamento e da aprendizagem,

meios eficientes para resolver problemas que impactavam o indivíduo. Desde a primeira fase até hoje, o cérebro humano triplicou seu tamanho, crescendo numa taxa contínua a cada milhão de anos. Uma nova capacidade de resolver problema está na ciência, atribuída aos gregos helênicos há 2,6 mil anos. A essência da formulação de leis gerais sobre o *modus operandi* provavelmente está lá atrás, quando o primeiro *Homo sapiens* evoluiu, há 50 mil anos. A ciência tornou-se método social de indagação sobre fenômenos naturais, fazendo explorações intuitivas e sistemáticas de leis que testam a acuracidade e antecipa previsões. Como processo sinérgico, como grupo rigorosamente regulado de percepção, o empreendimento da ciência coletiva transcende a atividade do cérebro de um indivíduo.

A aplicação prática da ciência é o desenvolvimento que extrapola para várias coisas, como a bomba atômica, o envio do homem à lua, a montagem de estações espaciais e todas as outras tecnologias embutidas em todos os cantos de nossa vida diária; tal qual um sistema nervoso coletivo que sistematiza milhões de nossos problemas, cuja importância no futuro pode ser tão grande quanto a capacidade de aprendizagem dos primeiros sistemas nervosos. Esta capacidade justifica o desenvolvimento científico em larga escala e o gasto de 1% do produto nacional bruto para invenção de saltos evolucionários que podem ser tão importantes como a evolução original do próprio pensamento. Tais processos são imbricamentos convergentes, absorvendo e transferindo de um para outro compartimento social. É possível que a humanidade seja apenas uma fase de mudança para as formas futuras de viver.



Alegoria a Dionísio

Capítulo 18

O SUPER COSMO

*A vida tem sido companheira da
Terra desde o Éon Arqueano.*

Lynn Margulis (1938-2011).

Bactérias simbióticas,
Macrocosmo, plantas, animais,
Perspectiva de Super Cosmo?
Diferentes bactérias e plantas
Modificados pela evolução,
Humanos, herança protista
Expansão convergente, vida.

Antropoides extintos?
DNA, RNA, enzimas procariontas
Microrganismos, mitocôndria, microtúbulo.
Biotecnologia, pensamento, inteligência,
Gambás noturnos, habilidade manual
Código genético, recolonização
Expansão além da biosfera.

Terceira Guerra Mundial
Bomba atômica
Satélites, comunicação instantânea
Holocausto de metrópoles
Terra chamuscada
Oceanos ferventes
Raios de sol, evanescentes.

Caput, civilização
Terra arrasada
Biotecnologias anciãs, aleatoriedade
Reconstrução milhões de anos depois
Espécies emergem, reproduzem
Bactérias, fungos, protistas
Ninguém será o mesmo amanhã!

Como um adulto com traços de personalidade formada na infância, o lugar da humanidade na história pode ser entendido apenas quando examinamos o nosso passado celular. Plantas e animais são padrões de células nucleadas originárias de bactérias simbióticas do microcosmo, as quais formaram os seres que compõem o macrocosmo. As formas de vida podem evoluir para viver em outros planetas, ou talvez em torno de outros sistemas solares. Se sobrevivermos, há mudanças e seremos parte do futuro Super Cosmo, tão diferente do nosso mundo quanto diferimos das bactérias.

Supondo-se que os homens tenham o monopólio do reino animal nas altas tecnologias, poderão ser candidatos à expansão da vida no sistema solar e além. Não se supõe, no entanto, que sejam os únicos agentes da expansão do microcosmo no espaço. Basta lembrar que o processamento de imagem visual na forma de olhos foi desenvolvido em protistas, vermes marinhos, moluscos, insetos e vertebrados. Também, as asas evoluíram em direção similar a despeito de terem diferentes ancestrais.

Este processo de expansão, denominado convergência, sugere que muitas espécies de seres se expandirão no espaço, da mesma forma que outros expandiram na terra seca e na atmosfera. Mas à maneira dos peixes pulmonados, que saltaram da água e nunca evoluíram para

outras formas de animais terrestres, nosso desejo de ganhar o espaço dificilmente será consumado como a continuação da nossa vida lá. A presença do sistema nervoso e do comportamento comunitário por muitos tipos de animais sugere que outras formas de vida evoluirão para semear o microcosmo primordial no espaço. É bom recordar, no entanto, que os humanos levaram um milhão de anos para alcançar sua evolução.

Caso todos os antropoides — macacos, humanos e demais primatas — fossem extintos, o microcosmo teria reserva inesgotável de sistemas nervosos, apêndices, microtúbulos e outros atributos que fomentaram a inteligência e as tecnologias reconhecidas. Dado o tempo para evolução na ausência de pessoas, os descendentes de gambás — mamíferos noturnos inteligentes, com boa coordenação manual — iniciariam novo programa de colonização do espaço. Cedo ou tarde, a biosfera se expandiria além do nicho chamado Terra.

É considerada uma peculiaridade iluminada o fato de que o microcosmo tenha suportado eventos geológicos explosivos no passado sem nunca descambar na destruição total da biosfera. Dito de maneira romaneada, como um artista, cujas agruras catalisam suas belas obras, uma grande catástrofe parece promover imediatamente os meios para grandes inovações evolucionárias. A vida na Terra responde às ameaças, injúrias e perdas com inovações e reproduções.

A perda desastrosa da necessidade de hidrogênio do campo gravitacional da Terra levou a uma das maiores inovações evolucionárias de todos os tempos: o uso de água na fotossíntese. É verdade que isso também levou à crise de poluição horrível, com acumulação do gás oxigênio que, originariamente, era tóxico para a maioria dos organismos vivos do planeta. Não obstante, a crise do oxigênio que ocorreu

há um bilhão de anos deu origem à respiração oxidativa de bactérias, que passaram a produzir energia bioquímica com grande eficiência. Essas bactérias simbióticas se juntaram com outras para formar células eucarióticas, que se multiplicam e se tornam multicelulares e depois evoluíram para fungos, plantas e animais.

A mais severa de todas as extinções massivas, jamais repetida em igual dimensão no mundo, ocorreu no período de transição Permiano-Triássica há 245 milhões de anos. Tal crise deu a largada, rapidamente, à evolução de animais mamíferos com olhos atentos e cérebros maiores e mais receptivos. A catástrofe do Cretáceo, incluindo o desaparecimento dos dinossauros cerca de 66 milhões de anos atrás, abriu caminho para o desenvolvimento dos primeiros primatas, com boa coordenação mãos-olhos e propiciou novas tecnologias.

Cada crise da biosfera parece andar dois passos para trás e dois para a frente — dois passos adiante para a solução evolucionária que sobrepõe além do problema original. Ao desenvolver a solução e ir adiante, a crise confirma a resiliência da biosfera que se recupera das tragédias com vigor renovado. Todavia, uma conflagração nuclear no Hemisfério Norte mataria milhões de seres humanos, o que não seria o fim da vida na Terra, e a melhor expectativa: um Armagedom humano pode preparar a biosfera para outras formas de vida menos egocêntricas. Tão diferente de nós, como somos dos dinossauros, os futuros seres que evoluirão da matéria, da vida e da consciência para um estágio superior de organização social e, assim, os humanos seriam tão impressionantes quanto as hienas.

O impacto direto de uma bomba atômica é fatal. Apenas 10 microgramas de resíduo radioativo — que explode na atmosfera, quebra vidraças e deposita no chão — são suficientes para matar pessoas.

Cinco mil bombas lançadas no globo são suficientes para paralisar todas as grandes metrópoles do mundo. A poeira e a fumaça do fogo envolveriam a Terra, queimando-a e depois levando à queda abrupta da temperatura. A radiação, assim como a AIDS, destrói o sistema imune das pessoas, deixando-as sem defesa. Apesar de tudo, a saúde e a estabilidade do microcosmo não seriam afetadas gravemente. O aumento das mutações produzidas pela radiação não afetaria a evolução dos micróbios, visto que há ampla reserva de microrganismos mutantes resistentes à radiação. Tampouco a destruição da camada de ozônio e a entrada subsequente de abundante radiação ultravioleta arruinaria os tapetes microbianos subjacentes. Talvez a radioatividade aumentasse a taxa de reprodução que estimula a transferência de DNA entre as bactérias.

A trilha evolucionária com seus percalços tem produzido criaturas maravilhosas ou estranhas, cada uma delas mais extravagante que as demais. A glaciação desafiou nossos ancestrais macacos, mas mantiveram a inteligência afiada na sua forma humana. A julgar pelo aumento apocalíptico das armas de destruição em massa, a inteligência pode, finalmente, ser autolimitante. A produção de armas atômicas poderá destruir também seus fabricantes, como na história familiar da biosfera.

Com a evolução acelerada em geral e a cultural em particular, fica impossível prever as inovações evolucionárias futuras. Caso se faça uma extrapolação do presente, chegaremos à criatura do futuro. Quando o telefone foi inventado, acreditava-se que cada cidade e aldeia usaria um. Quando os helicópteros foram inventados, teve gente que antecipou o dia em que cada casa suburbana teria seu helicóptero. As previsões quase sempre não se confirmam. Não há floresta na lua.

Para além dos contos tecnológicos ficam as forças persistentes da vida: extinção e expansão — que parecem ser universais. Nós da espécie

Homo sapiens alcançaremos a extinção com ou sem guerra nuclear. Porém, como *Coanomastigotas* e *Homo erectus*, respectivos ancestrais de esponjas e nós, evoluiremos para novas espécies. Não importa como nossas progênies evoluam ou devolvam, tudo permanecerá na terra chamuscada, porém, vivos. O Sol tem cerca de 13.800 milhões de anos. Após queimar todo seu estoque de hidrogênio como combustível, reações nucleares quebraram o átomo mais pesado de hélio e, à medida que a radiação se expandiu como bola de fogo gigante, as estrelas começaram a brilhar como nunca brilharam antes. O Sol luminoso produziu calor imenso, fervendo e evaporando oceanos, destruindo a atmosfera e derretendo as rochas graníticas e basálticas.

Há a expectativa de o Sol ter racionamento de combustível. No seu estágio final, ele gravitará encolhido até uma dimensão reduzidíssima, tornando-se anãozinho pálido, e finalmente preto, minúscula reminiscência do vasto universo de fogo. Se esse desastre nuclear natural fosse o fim da nossa vida na Terra, teríamos o teste final para a genial molécula de DNA, e dos seres humanos se estivermos vivos àquela época? Ou toda a nossa evolução microcósmica espetacular teria sido varrida pela explosão de uma estrela de fogo? Haverá alguma esperança?

Ao lado da terra chamuscada, de oceanos fervendo em consequência dos últimos raios do Sol evanescente, apenas a vida vagueando além do planeta será salva, como acontece com aqueles organismos nos extremos da vida na Antártica e no Saara. Algo semelhante extrapola para as grandes metrópoles. Somente após muito tempo de trabalho criativo de espécies que emergiriam para sobreviver e reproduzir em condições adversas extremas de temperatura e umidade. Tomemos o(a) leitor(a) como exemplo. O seu interior é mais parecido com a costa tropical da Terra Arqueana do que com as zonas temperadas do Norte, onde nossa

espécie luta bravamente para adaptar-se nos abrigos com indumentárias protetoras do frio. De fato, o verdadeiro ambiente da humanidade é o mesmo sempre: as savanas africanas, o cerrado e a caatinga.

A Terra Mater do *Homo sapiens*, como aquela das primeiras células, fez seu nicho no Oceano Atlântico. As primeiras células descendentes de bactérias entraram nos habitats preferidos dos humanos e dali visitaram outros planetas nos corpos dos astronautas em naves espaciais, e deram pistas do que seria refazer a vida no ambiente para sobreviver no espaço. E tudo isso tem sido possível pela obra magnífica de trocas genéticas. A ironia está na constatação de que a inteligência extragenética depende da preservação de nossos genes.

Há precedência de transcendência ambiental e há indícios de que continuamos a repetir os antigos jogos eônicos. As bactérias evolucionárias que compuseram nosso corpo conseguiram sobreviver em ambientes díspares de acordo com as necessidades. Não importa quanta energia seja necessária para recriar o ambiente ancestral, os microrganismos terão de fazê-lo. Os costumes de nossos ancestrais serão trazidos de volta aos lares do futuro. A preservação é essencial para resgatar os organismos do futuro a partir da explosão do Sol. O futuro existirá para nós se a Pátina Planetária mantiver as condições adequadas para a reprodução.

Assim, nada cresce indefinidamente sem causar severa depleção de recursos e transformação ambiental, desde espiroquetas até a onça pintada, fato que causa distúrbios ambientais perigosos. Ao reproduzir incessantemente, os seres morrem ou transcendem as espécies: e nada existe para o bem ou para o mal, simplesmente existe.

A vida é a figura central criadora de problemas e soluções. Se os seres reproduzem incessantemente, procuram novos caminhos para

alcançar o ar, o carbono, a energia e a água. Entretanto, a produção de novos resíduos coloca em risco o ambiente. Um caso conhecido de busca de solução para a poluição de substâncias tóxicas que emanam do sistema solar e alcançam a terra: o efeito tóxico do oxigênio foi resolvido no microcosmo pelas bactérias que aproveitaram o oxigênio para produzir energia.

Não se pode avaliar o potencial da vida futura sem examinar a vida passada. A evolução dramática dos humanos é inseparável da dos nossos ancestrais microbianos. As bactérias construíram nossas células e as de diversos alimentos de plantas e de animais. A coevolução de nossos micróbios ancestrais foi potenciada pelas trocas genéticas, quando novas proteínas emergiram. De certa forma, os parceiros com dependência mútua abdicaram da antiga individualidade. Isso aconteceu com o milho que não mais murcha como a grama, após centenas de anos de coevolução. O trigo foi retirado pelas mãos dos homens em cada geração e agora sua reprodução está conectada à nossa, sem a qual não completa seu ciclo de vida. A luxúria de antes se tornou a necessidade d'agora.

O crescimento fantástico da população humana depende das plantas e continuaremos a depender delas com seus cloroplastos derivados de bactérias, ainda que mudemos para o espaço. Como todas as células do microcosmo, os seres humanos coevoluíram com plantas, animais e micróbios, em comunidades com tecnologias mais organizadas e coesivas do que simples extensão de famílias ou estado-nação. Foram criados sistemas complexos com várias formas de organização territorial, política, econômica, social e tecnológica.



Capítulo 19

FUTUROLOGIA

*Assim eu vi ali mil esplendores rumando a nós,
e sua voz clamava: Eis o que nutrirá nossos ardores.*
Dante Alighieri. *Canto V*, Par., v. 103-105.

Espécies, grupos, sociedades
Comunidades recombinadas
Bactérias sem núcleo, protistas nucleados
Indivíduos, trilhões de células
Cooperativa de múltiplas espécies
Sementes viram plantas
Angiospermas florescem, buquê de amor

Humanos queimam florestas
Cerrado vira carvão
Eucaliptos na Mata Atlântica
A biodiversidade, bem comum
Sabemos de onde viemos
Aprendemos o caminho a seguir
Aonde vamos em passos firmes?

Homo sapiens, transição biológica
Transferência de DNA
Protozoário invade genoma humano
Recombinação formação de novos genes
Herança vertical, reprodução sexuada
Seleção natural, código genético enriquece
Aleatoriedade, imprevisibilidade.

Evolução, seleção natural
Especiação, ambiente adaptado
Renasce o homem cordato
Código genético sem juízo de valor
Vida prossegue sem destino
Fenômeno vida, complexidade!
Tecnologias artificiais miniaturizadas

Microchip de silicone
Milhares de megabites
Máquinas robóticas microprocessadoras
Fabricam máquinas
Espaçonave recolhe fragmento de Marte
Decaimento de átomos
A biótica emerge em nova realidade.

Super Cosmo supervisiona humanos
Transcendente cataclisma, inevitável extinção
Fuga de gametas, germinação na biosfera
Seres biônicos, sistema nervoso delicado
Projeto reprodutivo de naves espaciais
Máquinas recapitulam biosfera
A Terra jamais reproduz a si mesma!

Grupos de organismos formam novos seres em nível mais alto de organização. Sociedades e populações são grupos de organismos formados por membros da mesma espécie. Comunidades são grupos de organismos formados por membros de diferentes espécies. Bactérias tornaram-se organelas de células nucleadas, que formaram times multicelulares conhecidos como indivíduos com trilhões de células.

Os humanos devem optar pela cooperação e tratar bem as demais espécies como o pequeno produtor cuida das galinhas poedeiras e das

vacas de leite. Ao contrário de seus ancestrais caçadores, o produtor rural não aniquila aves ou bovinos com o ritual de festa, pois cuida dos animais que produzem seus alimentos. Como na agricultura, vegetais e grãos servem de alimentos, enquanto as sementes são guardadas para novos plantios. Os brutos predadores se autodestroem, desocupam o lugar para uso de pessoas resilientes que se associam e compartilham a herança provisória do mundo.

Nós humanos perceptivos sabemos que as táticas destrutivas não prevalecem; a mitocôndria bacteriana habita pacificamente cada uma das células de nosso corpo e retribuem o aluguel do lugar para viver em paz com energia preciosa. Os homens brutos ignoram a biosfera quando, direta ou indiretamente, queimam e pilham a Floresta Amazônica e transformam o Cerrado em carvão para alimentar os fornos de mineradoras de ferro. A Mata Atlântica foi quase totalmente destruída, ou substituída por plantações de eucaliptos, mas os homens de negócios sabem que isso não pode continuar, este ciclo tem de ser interrompido para que o uso da imensa biodiversidade seja bem comum, ao invés de carne, prioritariamente, para exportação. Precisamos abandonar o instinto agressivo se quisermos sobreviver com o restante da biosfera.

Nesta constatação da vida na biosfera, sabemos de onde viemos, porém, o caminho que estamos a seguir está escurecendo rapidamente. Há esperança, sim, porque o *Homo sapiens* muda constantemente pelas trocas genéticas, recombinações de genes durante a reprodução sexuada e durante a vida. Este processo gerador de diversidade genética infinita na espécie humana chama-se heterose social. Adicionalmente, as mutações podem produzir novos genes que se se associam com diversos *loci* genéticos para produzir e aperfeiçoar estruturas complexas no fenômeno conhecido como epistasia, com possibilidade

de abrandar a natureza agressiva de muitos humanos embrutecidos, à deriva do processo civilizatório.

O renascimento do homem cordato com o conhecimento científico, resultante de modificações de centenas ou milhares de pares de bases no DNA, pode acontecer em proveito da evolução das espécies. A vida será estabilizada pela seleção natural adaptativa. Novos genes que codificam proteínas podem ser replicados e muitas moléculas podem ser produzidas em bactérias pela técnica do DNA recombinante, tais como afrodisíacos e hormônios, produtos químicos que controlam o crescimento de plantas e de animais. A indústria faustiana do futuro pode abarrotar os consumidores com animais e plantas transformadas para o aumento da produtividade.

A ciência da computação é o campo de crescimento mais rápido na história das tecnologias. De tubos a vácuo a *chips* microcondutores, a informação computadorizada tem aumentado milhares de vezes em poucas décadas. As máquinas inteligentes também ajudam a formulação de novas drogas. O acesso mundial à informação descentraliza governos e leva ao novo patamar de democracia participativa, queiram ou não as flutuações transitórias.

A ciência da computação numa sociedade fragmentada pode separá-la em lares e em bastiões eletrônicos que encorajam novas vias de exploração econômica, política, e crime organizado. O dinheiro tornou-se abstração matemática quase exclusivamente eletrônica. Para além do escritório sem papel, ocorreu a morte anunciada das impressões gráficas. Mas há indícios de que muitos dão preferência aos livros impressos, pelo menos enquanto o espaço físico permitir.

Em que pese a natureza complexa das sociedades futuras, haverá a dependência monitorada pela inteligência artificial, pelos movimentos

sociais e pelas transações financeiras, e as grandes descobertas ficarão documentadas na memória das máquinas. A fidelidade mnemônica será superavaliada pela tecnologia dos computadores, com ajuda do cinema e dos historiadores, e tudo isso continua em processo acelerado.

Os *microchips* de silicone com milhares de megabites de memória passam pelo fundo de uma agulha, o que origina pequenos computadores microprocessadores, prontos para serem inseridos em máquinas com atividade robótica. Há quatro décadas, a parte robótica de uma espaçonave realizou tarefa impraticável pelo homem: ao aterrissar na superfície congelada de Marte, sob o bombardeio de luz ultravioleta, um braço mecânico recolheu amostras de um regolito. Por último, as linhas de montagem de fábricas são conduzidas por robôs e há robôs que fabricam robôs. Um novo campo da robótica constrói “biochips” orgânicos, ou seja, computadores orgânicos.

As plantas que fazem a fotossíntese das moléculas e compartilham a energia no seu ambiente terão seu processo codificado em nova informação.

Não se descarta a possibilidade desses “computadores vivos” permutarem átomos de hidrogênio, milhões por segundo, e integrá-los em organismos conscientes. A troca de informação emergente entre computadores e robôs de tecnologia biológica pode ser uma realidade.

Ficção e realidade

Quais serão as proezas do *Homo sapiens* nos próximos séculos? As respostas às perguntas devem ser procuradas nos fenômenos biológicos. Por exemplo, as células nucleadas de animais, fungos e plantas possuem os genes empacotados em cromossomos. A evolução das

espécies ocorre por vários meios, como a acumulação de mutações de DNA e rearranjos cromossômicos. As alterações transferidas para os descendentes causam fenômenos evolutivos maiores que aqueles produzidos por substituições de pares de nucleotídeos.

Ninguém pode impedir as mutações e variações genéticas numa população de seres humanos. Os indivíduos poliploides, com duas cópias de cromossomos, têm genomas maiores que seus parentes diploides, adaptam-se melhor à vida nas alturas, em baixa gravidade. Mamíferos poliploides, com mais de um par de cada cromossomo, não sobrevivem. Sabe-se que alterações cromossômicas abruptas, como aquelas da divisão do núcleo, podem levar à formação de novas espécies de mamíferos. Muitos, da Era Cenozoica, tiveram os cromossomos fissurados, comparativamente com o padrão normal, fragmentado.

A fragmentação cromossômica está associada à evolução de raças de cães que partiram do lobo selvagem, de porcos que vieram de javalis, e do homem, a partir de macacos.

Os humanos futuros podem ser diferentes, haja vista o *Homo fotossinteticus* da cura imaginada para adictos de heroína, a partir de implantes de alga marinha. O paciente deve ter a cabeça raspada para que um filme de alga-viva seja injetado no couro cabeludo. Esse homem verde não necessita mais da droga, o efeito seria provido pela fonte interna (alga) e, assim, não mais seria problema para a saúde pública. O cenário imaginado tem origem nos registros da evolução resultante de alianças nutricionais de organismos famintos e à luz do sol, tais como bactérias autotróficas e algas.

O *Homo fotossinteticus* também não precisaria comer porque vive com os alimentos produzidos internamente pelas algas implantadas no escalpo. Com o tempo, seus descendentes perderiam a boca,

desnecessária; ao nadar de costas, a pele ficaria sem pelos e pálida, para garantir que a luz incida nas algas presentes em todo seu corpo. As algas simbióticas do *Homo fotossinteticus* invadem e infectam as células germinativas. As que entram no espermatozoide são transmitidas para a próxima geração durante o cruzamento. Ao infectar o óvulo, como ocorre com as doenças venéreas, garante sua sobrevivência na intimidade dos tecidos humanos.

A evolução dos humanos pode seguir três vias principais, ainda que fantasiosas, os acontecimentos sugerem que alterações similares sejam incontáveis. Na via da rede ciber-simbiose, ocorreria a evolução de partes dos seres humanos nas futuras formas de vida. Neste cenário, os humanos são essenciais para o desenvolvimento do Super Cosmo. Se for possível transcender a inevitável extinção de mamíferos e sobreviver com uma forma modificada, seremos preservados como remanescentes e não como indivíduos.

A imaginação corre solta e alguns se veem parecidos com espiroquetas remanescentes, como forma de seres biônicos, apenas com manutenção do sistema nervoso delicado, em comunicação eletrônica com braços plásticos, cuidando de decisões sobre as funções reprodutivas de naves espaciais. Desafortunadamente, para os que acreditam que a humanidade é uma apoteose, o pináculo da vida na Terra, a ideia de máquinas que se autorreproduzem não é fantasia científica, se tomarmos os fatos recapitulados na organização da biosfera.

Produção, reprodução e autopoiese são termos relativos, pois, se considerarmos reprodução como o principal fundamento, a Terra não seria considerada viva porque nunca reproduziu a si mesma. Na verdade, apenas RNA e DNA se replicam diretamente. Tudo o mais, garotas, baleias, chorões e naves espaciais reproduzem indiretamente

por meio de suas moléculas. A ideia de órgãos rudimentares pode ser empregada no caso de artefatos, tais como pipas ou drones. As peculiaridades arcaicas, tais como órgãos rudimentares e artefatos mecânicos, são bastante criativos e podem ser vistos com os amuletos de revolução industrial, imiscuídos na grandiosidade da biosfera.

Não obstante os avanços maravilhosos embutidos numa pletora de novos objetos, não se antecipa que a aceleração das técnicas de produção de tais objetos suplantem as tecnologias rapidamente renovadas e reproduzidas nos reinos das plantas e dos animais.

Nas últimas décadas ocorreram revoluções fantásticas na produção de alimentos pela via, rapidamente desenvolvida, da reprodução animal e vegetal. Dois novos reinos saltaram aos olhos das pessoas, mas vimos apenas uma pequena parcela da revolução que já foi considerada protótipo antediluviano das raças.

Muitos perguntam: chegará o dia em que as máquinas serão ocupadas com órgãos reprodutivos? Como órgãos reprodutivos, ainda não, porém, como órgão de purificação do sangue e eliminação de produtos tóxicos, sim, como acontece com a tecnologia artificial da diálise peritoneal. Entrementes, muitos continuarão pasmados com os engenhos com poderes de autonomia de ação e autorregulação que se arvora a exigir o intelecto da raça humana.

Os perigos inerentes às máquinas com habilidade para tomar decisões políticas não são pequenos, e espera-se que não sejam confirmadas acidentalmente. Na futurologia inexistente linha de demarcação entre o que é vivo e o que não é, e as invenções tecnológicas artificiais poderiam ter vantagem seletiva sobre algum progresso cultural.



Caverna dos morcegos

Capítulo 20

A SAGA DA EVOLUÇÃO

Como vemos e sentimos?

“Verdadeira” Supernova
Elétrons condensados
Variedade de massas, fontes de energia
“Sensação verdadeira”
Monte de partículas subatômicas
Categorias sensoriais
“Verdades” em subunidades

Perda de amigos, irmão, família
Notícia atravessa oceano
Sem consciência, colapso, desmaio
Fim da energia cerebral.
Acidente, dez mortos, sem emoção
Epidemia Covid-19, cerca de 735 mil mortos
Apagão coletivo, apatia, exaustão.

Vias metabólicas, fortes emoções
Elétrons, comunicação, torres bióticas
Neurônios, torres digitais
Efeitos subatômicos
Emoção, desmaio, fim do prazer, do amor
5-Hidroxitriptaminas, moléculas da emoção
Endorfinas bloqueadas pelo apagão.

Estágio avançado
Imaginação alcança outros universos
Abstração de partículas subatômicas
Oceanos desconhecidos.
Pequenas ilhas de pensamento
Milhares e milhares de anos
Imperceptíveis ao sensorio.

Central de energia cósmica
Abstração do pensamento
Usurpador, princípio antrópico
Mero cálculo estatístico
Consumido na bolsa da moda em redes
Por quê? Quando?
Valores e átomos somem no ciberespaço.

Stanislaw Lem (1921-2006) sugere que a “verdade” não resiste à dissociação dos elementos da matéria, a mesma coisa, todavia, percebida de modos diferentes, em perspectivas variadas. As cores são verdes ou devem a sua cor verde aos compostos fotossintéticos de clorofila? A Supernova, “na verdade”, era uma nuvem de hidrogênio gaseificado? Há mais de uma nuvem naquele limite físico? Talvez haja variedades de nuvens de acordo com o nosso sensorial, preceptor de sensações. A nuvem de átomos de hidrogênio, agregado de partículas subatômicas, seria os componentes da Terra que contribuem para a sua gravitação? Todas essas construções alcançam o sensorio após separação em categorias e classes.

Assim, cada “verdade” revela a coexistência de categorias de elementos diferenciados entre si e com os demais, tais como insetos, pássaros, crocodilos e humanos.

Fatos do cotidiano revelam o impacto emocional resultante da perda de um irmão, uma pessoa da família, ou um amigo próximo. O impacto terrível da notícia da morte de um ente querido pode atravessar os oceanos e agravar a mente do indivíduo ao ponto de embotar a consciência, com colapso da pressão arterial e desmaio, tal qual apagão da energia elétrica que sustenta a atividade do cérebro. Porém, se morrerem 10 pessoas num acidente, o impacto da notícia é bem menor, e o efeito emocional pode ser mínimo ao saber da morte de mais de milhares de pessoas durante muitos dias, no curso da pandemia da Covid-19 causada pelo vírus corona. A explicação para essas diferenças está na saturação da mente após o primeiro impacto emocional. A partir dali nada mais faz o indivíduo sentir a “verdadeira” emoção que um dia bloqueou o seu sensorio, pois as percepções mudam com o estado emocional modificado pelas experiências prévias.

Há alguma maneira de saber se os vários estados de consciência, que têm sido usualmente associados com moléculas diferentes, podem ter continuidade com alguma substância sem as propriedades da matéria que gera energia? (Lewontin, 2000)

A natureza fabricou fenômenos físico-químicos que enviam sinais pelas torres digitais nas estruturas tridimensionais formadas pelo DNA repetitivo nos neurônios de cada célula somática do corpo humano. Isso é biotecnologia desconhecida, e sem perspectiva de antecipar o tempo necessário para produzir o conhecimento refinado, dissociado em categorias. Não se tem ideia de quando saberemos quais as vias metabólicas foram acionadas para produzir “verdades”, ou inibir emoções fortes. Seriam bloqueadas as endorfinas, moléculas da felicidade

produzidas no cérebro, com estrutura química derivada do aminoácido 5-hidroxitriptamina, liberadas no corpo durante as boas emoções?

Nós humanos somos levados a pensar que, “na verdade”, o mundo perceptível pelo nosso sensorio existe, enquanto os demais mundos são recortes defeituosos do nosso mundo grandioso. Mas, há quem diga que essa visão do mundo é mera divagação em mente desocupada. Os maias tinham sua língua e aritmética diferentes das nossas, todavia criadas por humanos com inteligências pelo menos similares às das civilizações mediterrâneas. Nesse caso, devemos admitir que existem formas diferenciadas de categorias de inteligências em outros planetas, providos de processos evolutivos e de contingências físico-químicas, cujos sensores podem compor sistemas diferenciados de elaboração de pensamento, outras linguagens, outras categorias de informação distintas dos padrões “verdadeiros” atuais?

As classes diversificadas de “verdades” nos levam a pensar que os humanos seriam um dos últimos estágios da evolução que incorporou o sensorio mais desenvolvido. Isso pode ser possível, mas é preciso acreditar na possibilidade de existirem outros universos ainda não perceptíveis pelo sensorio dos humanos, mas que, “na verdade”, só podemos alcançar empiricamente, como etapa intermediária do trabalho iniciado pelas partículas subatômicas há cerca de 4.500 milhões de anos de evolução. Nesse módulo do pensamento, a ignorância dos humanos tem dimensão dos oceanos e a aproximação “da verdade” tem dimensão de pequena ilha num desses oceanos.

A mente continua a pensar que talvez existam lugares adjacentes ao “verdadeiro” estado de coisas; o mundo que aprendemos a representar pela suposição físico-matemática e pela experimentação teórica é “verdade cambiante”, em moda nas ciências ditas exatas.

Em resumo, o ser humano é uma ilha de saber que emerge parcialmente do oceano da percepção extrassensorial, enquanto a imensidão do não saber continua submerso. Por último, os sistemas de comunicação globalizados incitam a pensar que os usuários da internet deverão se conectar para criar um eletro-encéfalo com possibilidade de extrapolar o saber científico e alcançar o limite último do cosmos. É saudável lembrar, no entanto, que o “planeta cérebro” não ultrapassará os limites internos da rede e a humanidade ficaria a “ver os navios” além da linha do horizonte.

A abstração é essencial para expressar a modesta dimensão do conhecimento humano no cosmos, ao tempo em que se realça a usurpação do “princípio antrópico” que confia às máquinas o processamento de todo o nosso saber incomensurável. Esta central de poder, atualmente nas bolsas da moda, confere aos produtores de bens de consumo, admiradores e dependentes do capital, o domínio das redes, inclusive o cosmos.

Pelo andar da carruagem, no ciberespaço, a rede extrapolará as funções informativas e incomodará os mercados. Neste domínio não se sabe nada além da informação estatística. No entanto, temos a constatação de que depois de algum tempo muitos átomos sofrerão desintegração, mas não se sabe qual e porque este e não aquele outro.

O ser humano é adaptado pelo sensorio perceptivo para a sobrevivência no seu nicho ecológico. Fora deste lugar, temos de dizer adeus às obviedades da moda volátil. Ainda que as análises estatísticas nos permitam arriscar e ir além das “verdades”, os resultados nem sempre se repetem, ou, pior ainda, podem ser divergentes e contraditórios. Aliás, ainda que o treinamento constitua o hábito, é impossível normatizar e estabilizar comportamento. Os cálculos estatísticos sobre muitos

átomos podem informar, depois de certo tempo, que alguns deles sofrerão desintegração, mas não se sabe a causa natural da desintegração.

De fato, as falhas do sensório preceptor guardam proporção com o quase tudo que desconhecemos, e é assim que seguimos vivendo. Desprovidos de preconceitos, convicções e suposições arrogantes, nada continuará petrificado nos axiomas das crenças porque a vida provê, incessantemente, além do bem e do mal, as chances de revigoração das estruturas de valores éticos.





Capítulo 21
ORQUESTRA DE GENES

Quem somos nós?

Somos elo da evolução
Sistemas físico-químicos complexos
Genes mudam de geração a geração
Se adaptam pelos alelos
Heterozigose, população natural
Homozigose, seleção em gaiola
Reprodução sexuada, heterose social

Fenótipo, seleção poligênica
Caráter, produto de vários genes
Mutações, sinfonia da vida
Poligenia, pleiotropia
Código genético, sequência de DNA
Diferenças em milhões de anos
Cada indivíduo tem uma história.

Programação artificial, hipótese
Genes, inteligência e beleza
Tentativa experimental, clonagem de ovelha
Sai o ovo da trompa uterina,
Núcleo de gônio, aspirado
Célula murcha retém resíduo de proteína
Ducto da mama



Blástula in vitro
Embrião em útero substituto
Gravidez no tempo certo: - Nasce Dolly.
Fenótipo de ovelha adulta
Fusos cromáticos, telômeros encurtados
Pedestal da fama, morte precoce.
Resíduo de proteína: – maestria epigenética

Genética molecular
Sofisticada operação da Natureza
Crescimento genômico, diversidade
Sobrevivência a cataclisma, intempéries
Reprodução sexuada, autotrofia, multicelularidade
Vascularidade, transporte de nutrientes
Evolução, seleção natural adaptativa.

Somos um elo da cadeia da evolução das espécies de seres vivos resultantes de modificações de sistemas físico-químicos complexos, com alteração da frequência de genes de uma geração para outra na população. A genética de população local refere ao *pool* de genes que contribuem com funções distintas, com viabilidade máxima nas interações alélicas e epistasias, durante a adaptação das funções mediante balanceamento homeostático. Tais mecanismos são atributos da heterozigose em populações naturais, porém, regressivos na homozigose de animais selecionados em gaiolas.

Nas populações naturais, a reprodução sexuada contribui com ampla mistura de genes que fazem novos fenótipos resultantes das combinações aleatórias, reconhecidas como fatores de imigração. A heterozigose ou heterose social contribui para o vigor físico de descendente de cruzamento após seleção de gametas pela epigamia, que favorece

epistasia poligênica. Em direção oposta, os endocruzamentos, pela conjugação de consanguíneos ou de seleção em gaiola, na ausência de mudanças poligênicas, que favorecem o vigor e a saúde, as mutações geradas têm possibilidade de enfraquecimento físico e mental dos descendentes. Este efeito deletério acontece no curso da eugenia como versão diluída do enfraquecimento observado nos endocruzamentos.

Seleção de fenótipos e especiação

O fenótipo é o produto da seleção pela interação de todos entre si num ambiente poligênico. Os caracteres quantitativos contribuem para o vigor do indivíduo. Cada caractere é produto de vários genes e o fenótipo do caractere é o instrumento diferenciado na sinfonia da vida. A poligenia é manifestação da pleiotropia de genes que executam múltiplas funções de acordo com sua dominância, penetrância e expressividade.

Cada indivíduo de cada espécie tem uma história iniciada há mais de 4.000 milhões de anos. Tudo o que acontece na organização das moléculas que compuseram os primeiros seres vivos procariotas se repete em variações nas moléculas dos seres vivos eucariotas, tem ligação de tempo e espaço. A longa história mostra que jamais um organismo vivo terá prazo de validade permanente.

A biologia procura expandir o conhecimento sobre as causas de adaptação das características existentes na enorme diversidade do mundo orgânico. Para isso, o biologista estuda o código genético programado no DNA de células haploides e diploides. Por sua vez, o evolucionista estuda a história dos programas de informação e as leis que controlam as alterações de geração em geração, ficando impresso como fenômeno físico, psicológico, articulado e organizado, customizado,

como acontece com o ganso que reconhece o homem que o alimenta e o acompanha com se fosse seu igual.

As populações evoluem pela seleção natural e são mantidas juntas pelos intercâmbios genéticos. Cada caractere é encontrado nos genes das células do ovo fertilizado, com a contribuição dos dois fatores (alelos) provenientes da mãe e o outro do pai.

A ciência reconhece que o código genético de cada célula do ganso guarda a experiência como memória de seus ancestrais após bilhões de anos de evolução. O comportamento ancestral é customizado, de acordo com a necessidade, após bilhões de anos de evolução. Tal comportamento tem tudo a ver com a programação do código genético do ganso. Essa constatação tem importância prática e substancial na escolha dos métodos de ensino-aprendizagem que devem corresponder à programação impressa em cada mente criativa.

Epigenética

A epigenética é o ramo da biologia que se dedica a investigar como um ovo fertilizado com citoplasma de estruturas bem reconhecidas se transforma em um adulto diversificado, incrivelmente organizado. Como a estrutura especializada do código genético do vitelo do ovo materno se transforma num corpo adulto? Sabe-se que tal complexidade do diagrama impresso no DNA pode guiar a atividade de genes e a orientação de cadeias polipeptídicas, cujas proteínas com atividade enzimática edificam cada fenótipo, sem que haja relação com gene e caractere individual.

É preciso lembrar da complexa teoria geral do desenvolvimento e sua analogia com a orquestra sinfônica. Ao ligar e desligar grupos

de genes, os programas de cada *locus* da célula germinativa são ativados em cada momento que sinaliza o início da criação de cada uma das estruturas específicas do corpo, e, em seguida, aquele programa é desativado. Assim, sucessivamente, as estruturas do corpo são criadas. O DNA da célula tem potencial para 10 milhões de genes, mas cerca de 30 mil genes são identificados. Tal relação inspira os estudos sobre o potencial de interações durante o desenvolvimento do embrião. Esses fenômenos biológicos têm relação com as reações químicas associadas com os átomos, mas são pertinentes apenas à matéria orgânica.

As experiências genéticas semelhantes àquelas de endocruzamentos, após mais de 20 gerações mantidas em gaiolas, produzem animais isogênicos, porém, com vigor físico e sobrevivência comprometidos. Os resultados de pesquisas para obtenção de clones com finalidade de seleção dos melhores genes, por exemplo, da inteligência e da beleza física, não alcançam os objetivos.

Um caso amplamente divulgado ficou conhecido com a clonagem que deu origem à ovelha Dolly. A conjugação do óvulo com espermatozoide congênico formou a célula embrionária *in vitro* e logo o DNA diploide do núcleo foi aspirado. Na ausência do núcleo, a célula embrionária inconspícua era apenas um resquício murcho de membrana com conteúdo mínimo de proteínas. Em seguida, foi implantada na célula inconspícua o núcleo de célula epitelial de glândula mamária de ovelha. Do tubo de ensaio, a célula embrionária esvaziada e preenchida com o DNA da glândula mamária foi transferida para o útero da ovelha. Da gravidez por substituição nasceu Dolly, que atingiu a idade adulta e ficou famosa, mas morreu precocemente. Sua genética defeituosa mostrava o encurtamento das sequências dos telômeros que sustentam os cromossomos no fuso cromático. Em conclusão, a eugenia

in vitro tem resultados semelhantes àqueles vistos nos endocruzamentos de humanos.

Se nascesse com meu corpo e a cabeça de Marilyn Monroe, seria um desastre. (Stephen Hawking, 1942-2018).

A experiência obtida com Dolly revelou que uma gosma mínima de proteínas no citoplasma da célula embrionária, previamente esvaaziada e preenchida com o núcleo da glândula mamária, orquestra epigenética “liga-desliga” de genes funcionou durante o desenvolvimento do embrião. Com este planejamento, a memória na diagramação no DNA não pode ser passada adiante pela clonagem, e a possibilidade de seleção dos melhores genes jamais foi alcançada. A Natureza jamais permitirá a criação de dois seres iguais!

O reconhecimento da dita exclusividade é exemplificado com a propriedade descrita na física subatômica, visto que as partículas *pi-meson*, *nêutron*, *próton* e *elétrons* têm as mesmas propriedades na Terra ou em uma galáxia. Na ontogênese de cada indivíduo, tal exclusividade é encontrada unicamente no nível químico de sistemas complexos até o limite de cada organismo. Por isso, dois indivíduos jamais serão idênticos, porque os sistemas biológicos de alta complexidade são controlados pela leitura dos programas genéticos.

A explicação está na exclusividade do código genético de “*pools*” de genes, espécies biológicas que conferem o processo de especiação, o conceito de vigor, e a maioria dos fenômenos comportamentais, tais como aprendizagem *versus* qualidades inatas das percepções sensoriais. A seleção natural cuida da origem da adaptação progressiva sem recurso de forças orientadas para objetivo prefixado. Faz parte da

sabedoria da Natureza resolver problemas complexos com soluções simples que combinam múltiplas funções.

Os aspectos heurísticos das discussões sobre a programação aberta de nossos códigos genéticos impressos no DNA sugerem que a Natureza visa a objetivo teleonômico, proposital, orientado para causas de fundo teleológico. Esses influxos são sugestivos de que o conceito heurístico de adaptação resolve a questão precedente da aleatoriedade de fenômenos associados à seleção natural. Ao contrário, psicologistas e geneticistas reconhecem a programação aberta do nosso código genético e sugerem que o comportamento teleonômico é direcionado pelos influxos sensoriais modulados por fatores hormonais e psicossociais. De fato, o emprego dos termos teleonômico e teleológico têm legitimidade apenas para o que tem fim definido, tal como a força da gravidade e as leis da termodinâmica. Ademais, esses termos se aplicam perfeitamente às tecnologias e inovações de máquinas fabricadas pelo homem com objetivo definido, cujos níveis de complexidade são diferentes nos seres vivos e na matéria inerte.

A teleologia não resolve as diferenças das análises biológicas e dos estudos de estrutura e configuração de macromoléculas que se associam ao comportamento cooperativo em sistemas sociais.

Diversidade genética

Calcula-se que, aproximadamente, 10.000 macromoléculas componham centenas de milhões de células em organismos do topo da hierarquia animal. Milhares de organelas, glândulas, tecidos, músculos, ossos, tegumento e cérebro são formados pelas células com a programação aberta do código genético.

Assim, jamais existirão dois seres vivos iguais e geneticamente reproduzíveis. As diferenças reconhecidas no conteúdo da informação genética na memória do programa aberto sempre existirão. Tais diferenças são qualitativas e quantitativas, ainda que todos sejam formados por descendentes de um ancestral comum.

A origem da diversidade é explicada pelas mudanças de nucleotídeos em pedaços de DNA de cromossomos ou pela transferência de sequência de DNA de eucariotas e de procariotas protistas para o genoma de outros indivíduos de espécies diferentes e de recombinações subsequentes. Quando essa plêiade de fenômenos acontece no genoma de célula, germinativa ou somática, ocorrem modificações do DNA do hospedeiro.

A integração do DNA exógeno na célula germinativa é transferida verticalmente para as gerações subsequentes pela reprodução sexuada. Essa engenharia genética molecular é obra sofisticada produzida e operada pela Natureza para provimento do crescimento do genoma e enriquecimento genético. Este fenômeno tem reflexo persistente na evolução das espécies que sobrevivem ao processo de adaptação e seleção natural, sem prejuízo da organização prévia.

O pensamento evolutivo ocorreu durante o Éon Proterozoico, há 1.9 bilhão de anos. Já a evolução orgânica se deu num progresso contínuo pelas conquistas da reprodução sexuada, autotrofia, multicelularidade e vascularidade para transporte de nutrientes no corpo de plantas e animais. A sistemática genética de populações descreve as interações de grupos, espécies e subgrupos ou raças. Essa teoria sugere que espécies são insubstituíveis diante do nível de diversidade alcançada ao longo de quase dois bilhões de anos.

A sistemática descreve a diversidade das funções biológicas em termos fisiológicos, endocrinológicos, genéticos, embriológicos,

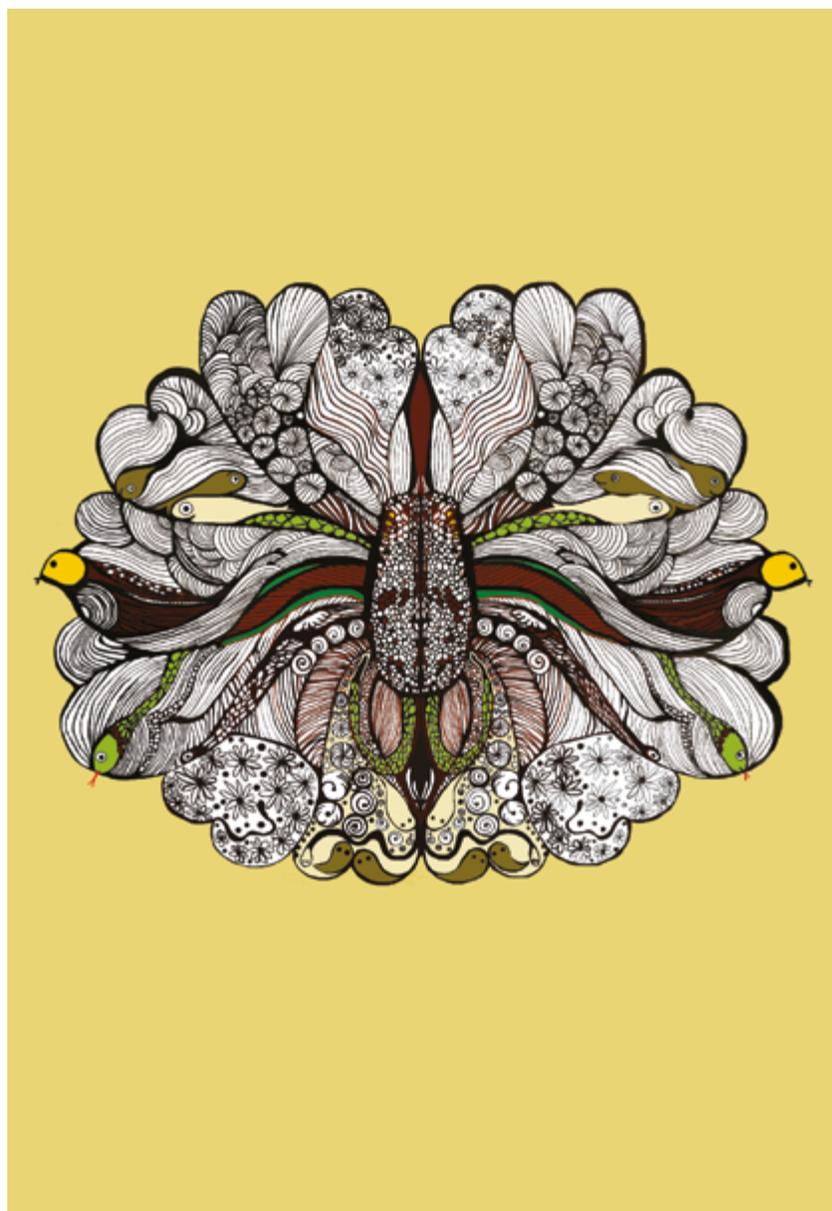
imunológicos, neurofisiológicos, biofísicos e bioquímicos. A maior riqueza de uma nação é a diversidade da população humana com variações de níveis de inteligência e criatividade diferenciadas para atividades práticas e teóricas ligadas à realidade atual.

Todo conhecimento empírico requer a experimentação, cujos resultados ficam sujeitos à dialética da ciência: a hipótese, confirmada ou negada por outros experimentos com hipótese oposta, deve ser analisada por observador independente. Em última análise, a verdade é a versão do fato aceito universalmente.

A democracia resolve problemas pelo método experimental orientado para as necessidades humanas.
(Anísio Teixeira, 1900-1971).

O conhecimento dos aspectos de genética de população sugere que cada indivíduo precisa de educação customizada, estendida e aperfeiçoada na Escola que prepara o indivíduo para satisfazer sua criatividade, liberdade de pensamento e de expressão, e para a democracia, com igualdade de oportunidades.

Cada um tem seu código genético com programação aberta e ninguém tem obrigação de ser doutor, visto que a renda familiar e sua felicidade dependem do exercício de sua profissão com o uso das mãos e da cabeça. A história de cada um jamais deve ser avaliada somente pelo sistema repressivo de prova de conteúdo sobre o passado insosso. Ninguém é média e, portanto, a diversidade genética deve ser privilegiada em avaliação do rendimento do aluno pelos atributos da solidariedade, da cooperação, da associação e da empatia que emula o trabalho em equipe com conhecimento multidisciplinar. A escola deve ser uma representação da vida real, em todos os níveis.



Capítulo 22

SEM HORA MARCADA

A especiação não pode ser observada diretamente porque nos casos mais rápidos requer milhares de anos para conclusão.

Natureza mestra da humanidade
Corretora de imperfeições
Além de tudo que existe
Átomos, moléculas, sistemas complexos
Azáfama *Ad eternam*
A Mãe jamais aposentará
Começa tudo de novo depois cataclisma!

Evolução cibernética
Propriedades físico-químicas
No cérebro de humanos
Cosmogonia psicofísica, animais e plantas
Homo imprudens vaidoso
Bactérias colonizam a Terra bilhões de anos
Efeméride humana, inovação tecnológica.

Ciência investiga seres vivos
Processamento metabólico
Bases físico-químicas de conhecimento
Antecipam descobrimento novo
Aleatoriedade sem hora marcada
Pressa prejudica investigação
Descola ação da mente criativa.

Inventor, criador
Cada insucesso, novo caminho
Zigue-zague avança no saber
Intuição, realização, conhecimento
Diferença no código genético
Processada em muitas gerações,
Definição, inovação criativa.

Economia de mercado, pragmatismo
Define onde carece inovação
No interesse econômico
Assunto fundamental, resolve questão
Observa Amazônia, motivação cultural
Solução, teoria e prática
Inovação de interesse social.

A organização de subpartículas de átomos de elementos químicos formou as primeiras moléculas da matéria orgânica presente em estruturas precursoras de vírus ou de célula com autonomia de sobrevivência e replicação. A célula de um protista na gosma do caracol, no ferrão do inseto e no músculo de mamífero tem vias metabólicas conduzidas por código genético composto de moléculas de ácidos nucleicos. A biogênese é fenômeno natural, sem os limites temporal e espacial, que acontece aleatoriamente há 4.500 milhões de anos, jamais reproduzida em laboratórios de pesquisa científica.

A ciência molecular tem os fundamentos metodológicos para calcular o tempo da evolução. A informação contida nas grandes moléculas nos permite entender e datar as alterações envolvidas na divergência de duas linhagens. As análises de sequências de aminoácidos das proteínas, como a hemoglobina do chimpanzé e do homem, mostram

alterações moleculares. O número dessas diferenças permite calcular o tempo da divergência de formas de vida ancestrais. As similaridades das hemoglobinas humana e de chimpanzés são muito grandes. Porém, com as diferenças mínimas na escala macromolecular utilizada para todos os animais, os biólogos mostram que a linhagem de chimpanzés divergiu dos hominídeos há cerca de 5.300 milhões de anos.

Muito pouco se sabia sobre o que existia antes, até que surgiu uma poeira sobre a superfície dos oceanos formada por pequenos grânulos de moléculas logo nomeadas como coacervados, bolhas microscópicas revestidas por filme lipídico e grumos de proteínas. Alojaram-se nos coacervados as primeiras moléculas replicáveis de ácido ribonucleico (ARN). A essa nova estrutura, deu-se o nome de vírus-ARN, sem as habilidades de seres vivos, tais como reprodução e autotrofia.

Durante milhões de anos, a natureza constrói essas partículas virais-ARN até que uma nova etapa evolutiva introduziu a síntese do ácido desoxirribonucleico-ADN e logo surgiu a organização mais eficaz de vírus-DNA. Essas construções primeiras surgiram há mais de dois bilhões de anos e suas biotecnologias permanecem em operação na Natureza até os dias de hoje.

A evolução natural é caracterizada pela eficiência, uma vez que cada etapa serve de alicerce para o próximo estágio de fenômenos mais complexos, põe em marcha a evolução pela seleção natural e adaptação da nova espécie. As primeiras moléculas surgiram no cosmos há mais de quatro bilhões de anos, e acrescentaram enorme versatilidade à construção de sistemas de alta complexidade que permitiram os microrganismos procariotas se diferenciarem em cianobactérias, algas verde-azuis. Eram capazes de produzir pela fotossíntese a energia necessária para formar as primeiras moléculas a partir do dióxido de carbono e da água.

Há 1.900 milhões de anos, as cianobactérias deram origem aos seres unicelulares de origem vegetal. Na outra vertente, as moléculas de adenosina-trifosfato produziam energia a partir da respiração oxidativa com aproveitamento do oxigênio da atmosfera e, assim, as bactérias deram origem aos seres vivos do reino animal. Com base em processos físico-químicos, em conjunto com as propriedades essenciais de autotrofia e replicação, viveram em meio líquido contendo proteínas, lipídios e carboidratos.

O cosmos tem seus caprichos nos fazedores de renovadas formas de vida. A humanidade atravessou longo período de trevas e a Idade Média certamente não foi a última. Depois que as fogueiras foram apagadas, chegou-se a uma cautelosa neutralidade e o Estado Laico garante a liberdade de pensar, investigar e ensinar o conhecimento científico, inclusive aquele que fundamenta a teoria da origem das espécies pela seleção natural.

A Constituição Brasileira de 1988 banuiu todo tipo de controle e de hostilidade à vida intelectual e moral sobre o cidadão, as instituições e os serviços públicos. É próprio do cidadão civilizado examinar e apreender o conhecimento científico acatado e considerado como patrimônio da humanidade. A Lei aponta o caminho do futuro que dará acesso às investigações científicas, proibidas pelas restrições político-ideológicas negativistas, no raiar do século XXI, principalmente, aquelas que revelam as nuances do fenômeno universal da evolução.

A Natureza é o professor e o homem, o aluno que espreita e, depois de algum tempo, imita os fenômenos no próprio corpo. O homem que saiu da caverna há milhares de anos ainda considera que na Natureza está o limite do possível, pois, se fosse possível alcançar a perfeição da Natureza, ele teria alcançado o fim da jornada. É impossível ir além

porque tudo que existe, as partículas subatômicas, os átomos, as moléculas, os corpos celestes e 1.5 bilhão de espécies de animais e vegetais, e o muito mais, faz o mundo insuperável na sua azáfama de construção e evolução *ad eternum*. O juízo de valor na escala humana admite que a Natureza jamais cessará a atividade de correção das imperfeições.

Cibernética

A visão cibernética da terra da abundância continua falaciosa nos países altamente desenvolvidos. O medo de desemprego subsequente à automatização não é justificável, pois o funcionamento das máquinas não arruinará as oportunidades de trabalho humano. Novos caminhos têm sido abertos em atividades que exigem especialização. Não se trata simplesmente de substituição de profissões por outras parecidas. Trata-se, sim, de uma imensa e profunda revolução radical à semelhança daquela que aconteceu quando os antropoides foram substituídos pelos humanos.

De antemão, o homem de desenho animado não será o único que continuará a competir com a Natureza. Pelo contrário, os humanos continuarão subjugados pelas contingências da evolução tecnológica artificial, não obstante os disfarces vaidosos. A complexidade de novos sistemas será sempre maior do que a dos antecedentes e o domínio do mundo material será alcançado por novas habilidades da Natureza, todavia, ainda inacessíveis ao cérebro humano.

As civilizações persistem no limite das propriedades físico-químicas da matéria e as novas vias de evolução das formas de vida continuarão sob a égide da Natureza até que algo novo seja descoberto pelo cérebro humano. Se isso acontecer, a humanidade conhecerá o ponto de partida da cosmogonia psicofísica, supondo-se que o fenômeno putativo

seja exclusividade do *Homo sapiens*, ficando excluídas a totalidade de 1.5 bilhão de espécies de animais e plantas. Nesse contexto de futurologia, o homem vaidoso seria também pretencioso e cabotino, visto que as bactérias campeiam a Pátina Planetária desde a mais de três bilhões de anos para fazê-la chegar ao estágio em que estamos.

A Natureza depositou na bactéria primeva tudo necessário para organizar os seres vivos muito tempo depois. Ao contrário, a tecnologia do homem abandona tudo logo que surge uma inovação. O método de organização tecnológica dos humanos é bem diferente. Ao dispor de material de construção existente, líquidos ou densos, metais ou gases em alta ou em baixa temperatura, o homem achou que podia fazer mais do que a Natureza. A evolução biológica ainda usa tudo o que encontra em cada nicho: soluções em água morna, com elementos químicos e misturas de moléculas incipientes nos mares. Em cada momento, a biotecnologia supera a tecnologia humana com todos os recursos e a cabedal de conhecimentos acumulados.

As tecnologias humanas se sofisticaram para produzir máquinas de interesse comercial e de estreita especialização. Equipamentos produzidos são orientados pelos movimentos das extremidades do corpo humano, que inspirou os primeiros instrumentos, tais como bigorna, martelo, broca, facão, enxada, e outros que imitam os dedos da mão girando nas articulações do punho e do cotovelo. As máquinas ditas operativas universais e até as fábricas de computadores e robôs são desprovidas de flexibilidade e imprevisibilidade dos organismos vivos que alternam atitudes a partir de sinais específicos emitidos pelos átomos dos elementos químicos da matéria viva.

Diante de obstáculos reconhecidos, as tecnologias da vida superam o conhecimento atual dos homens. Será possível criar mais tecnologias,

com auxílio de toda a sabedoria, sem que se perca de vista a meta de superar as limitações humanas?

A ciência contemporânea investiga as vias regulares de processamentos de fenômenos embutidos nos seres vivos. A tecnologia e a inovação são fomentadas, preferencialmente, para aproveitamento do conhecimento e satisfação das necessidades do homem: vestir, alimentar, transportar, curar e educar. Essas são as razões do endeuamento das tecnologias. Por outro lado, a ciência investiga os fenômenos atômicos, moleculares, termodinâmicos e estelares com bases físico-químicas, na expectativa de interesses biotecnológicos.

Podemos dizer que só existe tecnologia onde há conhecimento científico de ponta. A geração do conhecimento tem seu próprio passo na dependência de fatores da aleatoriedade sem hora marcada, enquanto as agências de fomento à pesquisa são pressionadas pela demanda do mercado de capital. A pressa prejudica a investigação toda vez que o pensamento descola da ingenuidade inquieta na mente criativa. O prejuízo causado pelo pragmatismo imediatista deveria ser estimado em frações de ano luz.

O século XXI cai no abismo do desinteresse pelo desenvolvimento científico movido pela curiosidade irremovível da mente criativa. O conhecimento novo requer hipótese com base em projeto original, com pergunta jamais feita por alguém que dedica a vida a encontrar apenas uma resposta pacificadora do que arde na sua alma, na ligação mente-cérebro. O pragmatismo sequer lembra o catálogo das grandes descobertas, com a aplicação prática da eletricidade pelo médico Herman von Helmholtz (1821-1894), quando estudava os movimentos do corpo humano e descobriu o princípio fundamental da conservação da energia.

Helmholtz inventou o oftalmoscópio que emite feixe de luz e permite analisar o fundo do olho humano. Não há conhecimento inútil e o pragmatismo sinistro é o pior adversário da tecnologia e da inovação. A ciência botânica que estuda os líquens iluminou-nos com o saber científico e, graças à aleatoriedade, descobriu a penicilina sem que houvesse promessa ou pressão de interesses alheios à curiosidade da mente. A descoberta salvou centenas de milhares de vidas. Isto mostra que o cientista concentra sua atenção em qualquer indício de aplicação prática do conhecimento novo. A Lei da Patente reconhece o direito do descobridor do conhecimento que gera tecnologia e inovação.

A inventividade humana tem como guia o método de tentativas e erros tal como acontece no processo de evolução biológica. Enquanto a evolução dos mecanismos fica embutida no protótipo mutante, animal ou vegetal, o inventor verifica a utilidade prática da nova descoberta visando a invenção de máquinas e aparelhos, ou a purificação e síntese de novas drogas em série. O modelo da ciência, com base no empirismo reiterado, produziu o pico das invenções do século XIX: lâmpada elétrica, fonógrafo, dínamo, locomotiva, máquinas movidas a vapor etc.

Quando o sucesso sobe à cabeça pragmática, erros implacáveis são cometidos: propagou-se que o inventor precisa de nada além do dom da inteligência prática e perseverança no uso de instrumentos. Essa ideia provou ser esbanjadora, ao invés da evolução biológica com métodos aleatórios empíricos. O que agravou a fase da baixa produção de novas tecnologias em todos os tempos não foi a ausência de solução, mas foi, sim, a falta de conhecimento científico, pela falta de investimentos.

Em resumo, aquela fase áurea de invenções tecnológicas chegou ao seu fim pela ausência de conhecimento teórico-prático revolucionário.

O inventor prático tinha em mente apenas a ideia vaga e o intuito de realizar uma obra criativa. É estimulado pelos insucessos, e cada erro delineia um novo caminho a prosseguir. Esse zigue-zague finalmente chegará ao final imaginado, mas logo verifica-se que o conhecimento teórico sugere outro rumo, mais avançado. Nesse processo, uma nova ideia tem a companhia constante da intuição com origem no saber.

Finalmente, o caminho da evolução biológica foi empírico apenas até a invenção do código genético, depois esse conhecimento inato define as possibilidades do que pode ser criado. Porém, cada indivíduo tem potencial diferenciado pela herança do programa de seu código genético que processa a informação. Nessa fase de processamento, a experiência acumulada em centenas de anos e em dezenas de gerações de cientistas é essencial.

Em vista da imprevisibilidade de sucesso imediato, o pragmatismo vigente na economia de mercado tem relegado o desenvolvimento científico para as nações mais ricas. Esse é mais um equívoco que tem raiz no subdesenvolvimento, pois a experiência mostra que as questões de interesse da humanidade têm seus nichos definidos pela Natureza, cujo conhecimento específico requer estudo pelos cientistas motivados pela cultura local. Desta forma, as questões fundamentais do conhecimento sobre a Amazônia devem ser respondidas na Amazônia. As experiências obtidas pelo conhecimento teórico e prático responderão com novas soluções criativas, e as melhores imitações darão ensejo às inovações tecnológicas de interesse econômico-social.

Capítulo 23

COMO TUDO COMEÇOU

Nossa evolução é uma alegria, e imaginamos porque uma curiosa cadeia de eventos nunca acontecerá novamente; mas, já que aconteceu faz todo o sentido. É precisamente por isso que a vida é maravilhosa!
Stephen J Gould (1941-2002)

Leis da Natureza

Matéria cósmica de universos

Limite desconhecido

Leis da Pátina Planetária

Tempo do homem na Terra

140 mil anos: fração pós big-bang

Conhecimento recente, ínfimo e valioso.

A matéria limita a civilização

Semeadura de bactérias

Altera propriedades físicas do meio

Fenômenos físico-químicos, novos seres

Colônias no tempo de jogos eônicos

Pré-civilizações de bactérias transformadas

Nutrientes potenciam ficção!

Cosmo, nichos multiformes

Aleatoriedade, diversidade de colônias

Favos civilizatórios, bactérias modificadas

Aproveitamento post-mortem

Autotransformação de bactérias

Fenômenos hierarquizados

Jogos eônicos, expansão do cosmos

Pax cósmica sem cataclisma
Energia impulsiona a galáxia
Vida: por sorte nasce, por sorte morre
Dilema da evolução
Ações cósmicas sem destino
Prejuízo ou proveito sem endereço
Sem final ou começo.

Sem antes ou depois
Proto-homem cantava
Sem saber o que era o canto
Pensamento vago
Fome, pensa no feijão
Afogado no tédio
O aluno pede socorro!

Uma aproximação da resposta requer exame minucioso e consulta à sábia natureza. Tudo que é muito difícil deve ser abordado com cautela, e a resposta é muito simples: tudo foi feito de acordo com suas próprias leis. Mas que leis são essas que poderiam orientar a matéria cósmica de possíveis diversas naturezas em possíveis vários cosmos, em quais universos? Não há construção suficientemente abrangente para explicar esta superioridade absoluta que represente a matéria cósmica infinita.

As Leis da Natureza dizem respeito à Pátina Planetária em que existimos. Ainda assim, a abordagem fica restrita há apenas 140 mil anos, o curto tempo de vida da espécie humana na Terra. Os registros históricos mostram que o cosmos atual é um campo de jogo de forças elementares no qual já não há como distinguir o que é primordial do acessório.

Para começo de narrativa, as tarefas de transformação cosmogônica teriam sido realizadas por forças não identificáveis, perdidas no tempo e no espaço. Os humanos não foram capazes de reconhecer os primeiros fenômenos de transformação física do cosmos. O nosso conhecimento é recente, ínfimo e não tem resposta pronta para muitas questões.

Podemos discorrer, no entanto, sobre o conhecimento acumulado que nos permite dizer que as coisas aconteceram justamente assim, sabendo que muitas vezes as explicações surgem a partir de método dedutivo de aproximação e observação. Neste contexto, podemos dizer que civilizações surgiram limitadas pelas propriedades da matéria primordial, no cosmos onde foram criadas.

É correto afirmar que, com o método indutivo experimental, foi possível mostrar que a semeadura de colônias de bactérias no meio nutriente altera as propriedades físicas do meio, à medida que absorve algumas substâncias e introduz outras, alterando a composição dos nutrientes, da consistência e da acidez.

Em consequência dessas alterações no meio Agar nutriente, as reações físico-químicas induziram o surgimento de novos tipos de bactérias diferentes das anteriores. Esse jogo bioquímico era observado em todas as placas de Agar semeadas com colônias das mesmas bactérias, e nos repiques das primeiras colônias modificadas surgiram novos tipos modificadas pelos jogos físico-químicos tardios, alterados ao longo do tempo. Os resultados do experimento sugerem que o Agar ocupa lugar no cosmos, aonde as civilizações de bactérias receberam influxos nutrientes e transformaram a colônia da ficção científica.

A análise das consequências do experimento com colônias de bactérias em meio nutritivo Agar revela um tipo de jogo-eônico que suscita

perguntas. Quais eram as condições de partida do pré-jogo cósmico? A resposta requer descrição do microcosmo de crescimento e das alterações repetidas nas colônias de bactérias que tivessem propriedades físico-químicas estáveis. Porém, não se pode extrapolar as condições do microambiente para todo o cosmos. Não é exagero, no entanto, pensar que o cosmos seja uma mistura multiforme de substâncias que podem ser diferentes em cada lugar. As diferenças têm potenciais de oferecer condições de vida adequadas para novas alterações aleatórias de colônias de outros tipos, gerando enorme diversidade.

Inicialmente, o microcosmo de crescimento específico de diferentes colônias ficaria separadas em compartimentos, como favos de mel, conectados pela físico-química estabilizada, porém, com características próprias em cada favo. Cada nicho de civilização crescia e acumulava energia necessária para o contato com as civilizações de bactérias modificadas em favos vizinhos, reciclando a natureza do trabalho em diferentes civilizações na primeva fase de jogo de transformação do microcosmo.

Certamente as civilizações separadas não entendiam a fase do jogo e isso levou-as para a segunda fase. Àquele período arqueozoico, as forças físicas produziam incêndios e erupções gigantescas e muitas formas de vida foram aniquiladas ou transformadas pela radiação residual e aproveitadas numa terceira fase do jogo eônico. Os membros deste conjunto podem alterar as condições da partida para maximizar ganhos. A estratégia usada levou a uma física homogênea com um tipo de lógica. Porém, ao alterar a física, alterou a si mesmo e criou a possibilidade de autotransformação.

A hierarquização sugere que a física também pode mudar lentamente em todos os níveis dos fenômenos. É preciso admitir que pouco se sabe sobre o pré cosmos que gerou os jogos eônicos. O fato é que o cosmos se expande permanentemente.

No cosmos em expansão, o crescimento em potência energética está submetido à passagem do tempo. Caso o tempo fosse reversível, haveria chance de dominar os parceiros pela anulação de seus movimentos. O cosmos que não se expande, com barreira de velocidade, assim como o cosmos com o tempo reversível, permite a estabilização do jogo.

A estabilidade pode ser alcançada pelo movimento dos jogadores incorporados à estrutura da matéria. A agressão pela seca confere radicalização e insegurança maiores que as leis coercitivas e restritivas. O cosmos é uma tela que absorve todos que alcançam o nível do jogo cujas regras devem se submeter.

A ligação semântica no interior do cosmos fica impossibilitada pelo método de comunicação que protege as regras do jogo. Os jogadores criaram e consolidaram distâncias entre si e o tempo necessário para obtenção de informação importante sobre os demais é maior do que a validade da tática momentânea do jogo. Caso a comunicação fosse possível com os parceiros vizinhos, as informações estariam desatualizadas no momento do recebimento. No cosmos não há possibilidade de surgimento de complôs e de centros de poder porque os jogadores inviabilizam a comunicação.

A energia que propulsiona milhões de galáxias ao mesmo tempo impede ações bélicas e estabelece a Pax Cósmica imaginada por Stanislaw Lem (1921-2006). “Esse tipo de barreira física pacificou o cosmos e coibiu o caos dos cataclismas nos seus domínios. Essas condições da existência no pré-cosmos eram mais severas do que atualmente: a vida surgiu por exceção e por sorte nascia, e por sorte nele morria.

O estabelecimento dessa ordem mínima foi indispensável para os trabalhos subsequentes na meta galáxia em expansão. O dilema da sorte de nascer e morrer implica que nenhuma civilização pode

dirigir-se aos jogadores no pano de fundo cósmico. Os jogadores não podem socorrer os colegas jovens porque não sabem seus endereços. Tal constatação configura a ausência do destino nas ações cósmicas. A emissão de comunicados sem endereço do destinatário traz mais prejuízo do que proveito. A opção pelo silêncio sugere o desejo dos jogadores pelo bem das civilizações jovens”.

A hipótese sugere que a civilização mais desenvolvida requer uma ética forte para compor uma moral. Porém, as constantes universais não são imutáveis e a física atual é só uma etapa a caminho de novas transformações. Dizia-se que nesse ou naquele caminho as abóboras se arrumam, mas não se pode ser herético ao extremo porque a física supõe que o mundo é algo pronto e concluído em suas leis. Todavia, a física é algo como o lance do gambito do jogo de xadrez, ou seja, sacrifica-se a rainha à procura de novas oportunidades.

A ambiguidade entre a física e a lógica gera incrementos de entropia suficiente para produzir gigantescos sistemas de informação destituídos de aplicação no cosmos em transformação constante. Nada a temer porque as hipotéticas civilizações supremas também desconhecem o-todo-até-o-fim. A pergunta sobre o início do universo não faz sentido porque o jogo é cíclico e, portanto, há possibilidade de o freio entrópico explodir a biosfera. Entretanto, muitas outras novas civilizações entrarão em cena para recomeçar o jogo. A biosfera é indestrutível.

Para onde vamos?

No mínimo deve ser muito esquisito alguém ocupar-se de alguma coisa que nem sabe como foi antes e tampouco como será depois. As perguntas são tão pormenorizadas quanto difíceis de achar respostas

sobre algo que nem se sabe como iniciou e nem para onde está indo! Realmente, esse teor de pessimismo pode ser aliviado quando esse alguém se lembrar que, quando o primeiro proto-homem começou a cantar, ele simplesmente se deleitava sem saber o que era o canto. Aconteceu assim com muitas das coisas que se passaram na imaginação sobre as futuras façanhas da humanidade e, naturalmente, também as grandes desgraças.

Supõe-se que o chamamento acontece muito cedo na vida de alguém desavisado, quando o inconsciente do proto-homem já comandava a direção do pensamento até as coisas invisíveis. A atividade inventiva precoce surge nos desenhos de máquinas rastejantes ou voadoras e, talvez, o bater da fome o fizesse pensar numa máquina de fazer feijão. Ao longo de dezenas de milhares de anos, os homens jovens se dedicavam ao prazer em momentos enfadonhos. A imaginação voava de acordo com as imagens dos objetos nas circunjabências.

A inquietação movida pela atividade físico-química no inconsciente do cérebro jovem ainda persiste agora nos alunos durante aulas enfadonhas e monótonas. Espera-se que a engenharia biológica prevaleça sobre os agravos da mente humana na sociedade de consumo, ainda que já sejam visíveis os efeitos sobre o *sensorium* pelas manifestações de tristeza, angústia e depressão, sinais típicos de exaustão.

Entretanto, o jovem inquieto tem a oportunidade de libertar sua criatividade e fazer recorte de papel para construir aviõezinhos que sinogram sobre a cabeça dos colegas, ou imitar a confecção de alegorias para o desfile de escolas de samba. Outros mais descolados, desenham joias e passagens secretas que dão acesso ao tesouro de Ali-Babá. O silêncio nas mentes jovens, em busca da liberdade e do germe da criação no lar e na escola, é sinal de alerta. A humanidade jovem pede socorro.



Metamorfose da psique

Capítulo 24

SAPIENTIA NATURA

Aleatoriedade é a roleta que não passa pelo destino.

Inteligência criativa, mente inquieta
Fração valiosa de conhecimento
Segredos da vida
Preconceito, intolerância
Despreza saber científico
Freio negacionista, obstáculo,
História abominável.

Natureza indômita, matéria viva
Intelecto humano, conhecimento
Grandes descobertas
Respiração oxidativa garante a vida
Sequência de nucleotídeos: código genético
Enzimas: definição de fenótipo
Ciência alcança *Sapientia Natura*.

Código genético, manual de construção
Copia a si mesmo
Guia metamorfose de seres vivos
Ovo, larva, crisálida, inseto adulto
Bilhão e meio de animais e plantas
Vigilância, genes operacionais e estruturais
Construção monitorada, homeostasia.

Evolução do código genético, reprodução sexuada
Sequências compartilhadas, geração a geração
Informação do pai e da mãe
Nova linguagem, sinfonia da vida,
Instrumentos operam e silenciam
Todos contribuem na *Grand Finale*
Físico-química autoexecutável.

Tecno-civilização sem regulação
Impactos no clima do Planeta
Degradação, desequilíbrio no ambiente
Tecnologia artificial, sem código de ética
Sem conservação da Natureza
Tecnologia artificial perece.
Problema complexo, solução simples.

A biosfera concentrou todo potencial de transformação da matéria inerte em matéria orgânica e deu origem aos microrganismos. Foram organizadas muitas civilizações como comunidades de seres vivos, e durante o Éon Paleozoico até o início do Período Permiano, há 245 milhões de anos, aconteceu o cataclisma de grandes proporções, com alterações profundas nos oceanos e na terra e a destruição de quase todos os seres vivos mais primitivos.

Sabe-se que os animais que viveram na Terra durante o Permiano e o Jurássico, entre 245 e 144 milhões de anos, foram extintos porque a atmosfera acumulou alta concentração de gases venenosos. Durante o período Jurássico também houve colisão de meteorito com o Planeta Terra, cujos efeitos sísmicos e climáticos extinguiram os dinossauros e répteis de menor porte. A saga da evolução das espécies na biosfera prosseguiu com os mamíferos, hominóides, antropóides e finalmente hominídeos.

O protagonismo da vida animal e vegetal se deve aos procariotas, bactérias e cianobactérias que processavam reações químicas e eliminavam oxigênio na atmosfera. O processo evolutivo persistente produziu o desenvolvimento de funções e sistemas complexos que foram embutidos nas espécies de animais e vegetais. O surgimento da vida na Terra evoluiu de microrganismos procariotas rumo aos eucariotas unicelulares e multicelulares de dimensões variadas. A clorofila das plantas e o sangue dos animais foram instrumentos evolutivos de aproveitamento de oxigênio da água e do ar. Sobreviveram os seres que se adaptaram às perturbações ambientais, na atmosfera, na água e no ar.

Os humanos que arrotam poder acima de suas próprias medidas foram despertados, de tempos em tempos, pelos deslocamentos de placas tectônicas intercontinentais, pelas perturbações climáticas, tais como tsunamis e explosões estelares com chuvas de meteoritos. Tais contingências expuseram a impotência da nossa espécie, mas o antropocentrismo criado pela mente humana prevaleceu durante milhares de anos. Hoje sabe-se que a civilização humana criadora de cultura existe há apenas 140 mil anos, ou seja, fração diminuta no mostrador do relógio geológico.

A cultura científica revela que a nossa civilização pode desaparecer da face da Terra num instante, pela ação de fenômenos cósmicos: choque de planetoides, chuva de meteoros, ou pelas erupções do sol com emissão de bolas de fogo em altíssima temperatura. A causalidade, ou seja, o azar casado com a contingência associa o risco da força indômita que expõe a fragilidade da vida. Pela mesma via de causalidade, a sorte produziu associações de grande complexidade que resultaram no nascimento do projeto de vida na biosfera.

A percepção do nascimento e associação de fenômenos que deram início à vida, desde micromundos de nano partículas até

macromoléculas, aconteceram no transcorrer de 4.500 milhões de anos. A imaginação desses acontecimentos lembra falsa feitiçaria ou acrobacias com excentricidades e esquisitices de saltimbancos que montam pirâmide humana considerada inverossímil como fenômeno físico, gerando expectativa mediata de desmoronamento, até a configuração final. Essa imagem de equilíbrio e balanceamento de estabilidade persistente é a própria vida nascida pelos incontáveis processos multiplicativos de processamento dinâmico de quatro nucleotídeos que orientam o processamento de 20 aminoácidos posicionados aleatoriamente em cadeias polipeptídicas, proteínas.

No Éon Proterozoico surgiram as variedades de bactérias que sobreviveram aos incontáveis colapsos climáticos ou a cataclismas geológicos. Todas as forças poderosas da Natureza, tais como inundação e congelamento, produziram mais de 50 episódios destrutivos que eliminaram tudo, exceto as bactérias que colonizaram todo o cosmos. A mais destrutiva hecatombe nuclear extinguiu todas as espécies de animais e vegetais, mas muitas bactérias sobreviveram.

A bactéria *Thermophylus aquaticus* sobreviveu na profundidade da Terra em temperatura de até 120 °C, e ainda hoje é fonte da enzima *Taq*-polimerase usada nos laboratórios de biologia molecular para sintetizar DNA de qualquer ser vivo. Por isso é seguro dizer que, após uma hecatombe nuclear, as bactérias reproduzem as células que reiniciam a reconstrução da vida. E mais ainda, as novas formas de vida avançam as características fenotípicas das novas espécies de animais e vegetais que atualmente colonizam a Terra.

Supõe-se que o proto-homem agressivo, colonizador, egoísta e arrogante não teria chance de ser recriado. Para sua sorte, porém, a Natureza não emite juízo de valor. Muitos acham que não deveria ser

recriado com as mesmas características bélicas destrutivas. Essa discussão está esquecida no ideário de paz de nossa humanidade ame-drontada pela saga destrutiva do próprio *Homo sapiens*.

Estamos numa nova era em que a inteligência artificial avança. Na imaginação, processamentos de dados em soluções líquidas, cópiados de operações biológicas do cérebro humano, cujas representações análogas são transpostas para os computadores de tecnologia digital. A civilização deste mundo está dominada pelos algoritmos em imensas digressões matemáticas construídas de experiências passadas a partir das quais se operam, periodicamente, com grande previsibilidade as tendências de consumo das massas, a demanda de insumos e muitos outros condicionantes. O cenário permite que bolsas de valores multipliquem a fortuna de poucos e o desfortúnio de muitos incautos.

Somos fragmentos de processos biológicos improvisados em tempos diferentes e que, em certas ocasiões, sugere a aflição de alguém que, durante a procela, é salvo pela passagem de objeto flutuante, apenas momentaneamente útil após o afundamento de um grande navio transatlântico. Porém, nos bastidores os bem-sucedidos acumulam fortuna com informação privilegiada.

As hipóteses imaginadas sugerem que fiquemos atentos aos modismos espetaculosos das novas tecnologias que se arvoram a substituir todo o processo criativo da Natureza. Duvida-se que seja possível dispensar os processos biológicos identificados pela ciência que avança com a inteligência criativa do cérebro humano que saca os segredos mais recônditos da Natureza.

É oportuno lembrar que, após 140 mil anos de vida dos humanoides, a civilização humana produziu fração valiosa de conhecimentos sobre os segredos da vida. O que acontecerá nos próximos

séculos depende da refrega ridícula entre a tendência negacionista que não tolera a ciência e a inteligência criativa, inquieta. Esta história é abominável.

A efemeridade dos humanos é o fator impeditivo de registros da evolução de macacos da era pré-glacial para outras espécies humanoides. Lynn Margulis (1938-2011).

Nesse aspecto íntimo do alcance de conhecimento novo, a matéria viva organizada no intelecto humano continua a comandar as grandes descobertas na Natureza indômita. Na exuberância da matéria orgânica na crosta terrestre, com plêiade de elementos primordiais, com o código genético do DNA, com o efeito modulador do fenótipo pelas proteínas com atividade de enzimas, a evolução das espécies vivas pela seleção natural elabora tudo que significa vida, jamais obtida pela vã filosofia nos adereços de tecnologias.

Os humanos são produtos da mais refinada sabedoria coletiva da Natureza, jamais arquitetada em projetos mirabolantes, porque a vida foi fabricada aleatoriamente mediante fenômenos simples, tal como a respiração oxidativa incorporada na crista mitocondrial da bactéria e que foi empregada universalmente para a sobrevivência dos seres vivos, inclusive os humanos. É pura ingenuidade admitir que as tecnologias artificiais fragmentárias, tremeluzentes no horizonte, dominarão a civilização humana.

As tecnologias artificiais

Pede-se mais um tempinho para lembrar que, a partir de 20 aminoácidos, a Natureza construiu uma linguagem que aciona, com pequenos

movimentos de peças no tabuleiro do código genético, os vírus, as bactérias, os fungos, os cupins, os colibris, as girafas, as orquídeas, as florestas e as nações. Essa linguagem, construída pelo método de tentativas e erros em 4.500 milhões de anos, produziu a inteligência humana que pode antecipar desde a profundidade dos oceanos até o pico das montanhas e, também, os “quanta” de luminosidade, a termodinâmica, as reações físico-químicas e tudo mais, inclusive o tudo mais que não sabemos. A linguagem da vida só se ocupa com a totalidade da criação em milhões de anos.

Seria possível o homem apoderar-se da tecnologia que o criou? Difícil antecipar opinião, pois, o saber incorporado pela civilização humana é apenas uma ilhota diminuta nos oceanos da Terra. Por isso, predomina a incomparável superioridade das tecnologias da Natureza sobre todas as modalidades de tecnologias inventadas pelo homem. As tecnologias artificiais são imitações imperfeitas, copiadas da Natureza.

Os resultados das operações com essas tecnologias são desastrosos, haja vista seus efeitos bumerangue e roedor dos ecossistemas que sustentam os seres vivos. A diferença fundamental entre a nossa tecnologia e a biotecnologia consiste na concepção do processo produtivo.

Toda matéria tem vida e a Natureza trabalha nas bases dos nucleotídeos organizados no DNA, cujo código genético dá a forma e as funções características dos microrganismos que interagem e desintegram a matéria dita inerte. A tecnologia dos humanos desconhece essas características, quando remove a matéria viva do chão e a empilha no ápice da barragem para contenção dos resíduos de minérios de ferro. A despeito da espessura da barragem de contenção, o minério de ferro à montante da base até o ápice pode ser oxidado e transformado em ferro férrico (Fe_2O_3), ferro ferroso (FeO_2), hematita ou óxido de ferro conhecido como ferrugem. As moléculas da hematita logo desagregam,

e é arrastada pela água que flui pelos filetes na parede da barragem. O chorume persistente de água ferruginosa solapa a parede da barragem que desmorona e arrasta toda a matéria liquefeita.

A tecnologia a montante produziu os maiores acidentes ecológicos e a mortandade de centenas de trabalhadores e moradores de vilarejos vizinhos nos municípios de Sobradinho e Brumadinho, em Minas Gerais. Os rios Paraopeba, afluente do Rio São Francisco, e o Rio Doce, ao longo de 743 km até desaguar no Oceano Atlântico, foram contaminados pela lama tóxica de metais pesados: chumbo, manganês, cobre e mercúrio.

Diferentemente da complacência dos humanoides, a Natureza cobra caro pelas transgressões contra os processos biológicos em curso após muitos milhões de anos. Serão necessários milhares de anos para a recomposição da vida de centenas de espécies de seres vivos, animais e vegetais, a partir do ressurgimento de microrganismos no plâncton dos rios Doce e Paraopeba, que foram aniquilados. Nestas catástrofes, a velocidade operacional dos computadores não foi suficiente para acionar os mecanismos de alerta da segurança nas barragens. A egolatria teria reprogramado os computadores movidos pela gana insaciável de suplantar o lucro alcançado na última década de operação pelas tecnologias de mineração.

Será possível aprender e usar corretamente as tecnologias da Natureza que asseguram a vida das espécies de seres vivos? Como copiar e imitar procedimentos biológicos para usá-los com segurança via circuitos e sistemas tecno biônicos? Essas perguntas podem ser examinadas *vis a vis* da construção do código genético hereditário produzido pela Construtora Protista nos oceanos da Terra.

O código genético pode ser considerado um poderoso veículo de transmissão de informação do fenômeno da evolução das espécies. Sucessivas levas de microrganismos serviram como transmissores de

um eterno código passado de geração a geração. O código é um manual de construção que faz a leitura de si mesmo e é capaz construir a si mesmo com máxima fidelidade. A versatilidade é excepcional e sua leitura é capaz de guiar a metamorfose de seres vivos em ciclos: ovo, larva, crisálida, inseto adulto.

Quando a eficácia do ciclo de manobras fica comprovado após milhões de anos, ele é usado para guiar o ciclo de vida de formigas, abelhas, vespas, besouros e mais um milhão de espécies de insetos e de mamíferos.

É importante lembrar que o código genético construído com as quatro letras AT, CG (Adenina-Timina, Citosina-Guanina), opera com vigilância dupla: um grupo de genes estrutural é monitorado pelo grupo de genes operacional, que indica o limite de segurança da construção evolutiva de um organismo vivo.

A informação do código genético é bimodal porque passa de geração a geração na mesma espécie e, ainda, pode se transformar pelas construções complexas das quatro bases de nucleotídeos encontradas em novas espécies de seres vivos. As mutações nos códigos de informação são produzidas pelas proteínas.

A linguagem da vida tem similitudes com as línguas e, mais ainda, com partitura de sinfonias em que vários instrumentos operam ou são silenciados durante movimentos específicos ou são tocados ao mesmo tempo numa orquestra. Nessa exposição, o genoma é uma enciclopédia físico-química autoexecutável, com 300 trilhões de nucleotídeos, suficientes para ocupar mil volumes de mil páginas, que funciona no meio líquido das células.

Uma engenharia tecnológica artificial que se apropriasse da enciclopédia sinfônica do genoma humano seria imitação imperfeita acima

do que se considera factível numa escala de tempo impraticável por muitas e muitas gerações de tecnólogos. Basta lembrar que o sistema processador de informação, tanto do genótipo como do fenótipo de um inseto, é muito mais complicado do que o mais avançado produto de tecnologia humana.

Em vários aspectos, o código genético de uma mosca é autorregulável e mais eficiente do que um supercomputador que ensina a jogar xadrez, mas não sabe acrescentar simples mutação no seu sistema operacional complexo. Credita-se à limitação dos supercomputadores as barreiras que inibem a química farmacêutica que negligencia a síntese de medicamentos, sem jamais superar a versatilidade das colônias de bactérias mutantes, que se tornaram isentas à ação dos medicamentos de síntese avançada.

É evidente que o código genético está impresso nos cromossomas das células somáticas e germinativas dos humanos. Cada gene é um pedaço de fita de DNA que codifica algo bem conhecido, que pode ser uma proteína, uma enzima ou um hormônio, ou um conjunto de sinais regulatórios que modelam células e tecidos, estruturas sólidas ou maleáveis do corpo, o sistema nervoso e o tegumento.

O código de DNA é matriz que passa sua ambiguidade de geração a geração; isto significa que um embrião e um feto em desenvolvimento seguem a orientação das sinalizações da iniciação de cada parte constituinte do organismo, prosseguindo para o estágio fetal sob a direção de genes indutores ou inibidores, hormônios e outras moléculas insturoras emergentes do código de DNA.

Durante a fase de replicação da célula, o DNA emite uma fita simples de nucleotídeos ligados pela ribose trifosfato e a enzima sintetase a encaminha para os ribossomos que catalisam a ligação de aminoácidos

em cadeias polipeptídicas de acordo com a leitura do código reconhecido na sequência. A sinfonia genômica toca a si mesma sem maestro!

Não há barreira que impeça continuidade de evolução de geração a geração.

A tecno civilização do homem tem produzido impactos assustadores no clima do planeta. Aqui o problema sai da esfera científica, visto que a degradação e o desequilíbrio do meio ambiente dependem de interesses contraditórios de megacorporações internacionais. É possível que a decifração dos códigos da vida permita a resolução do enigma do surgimento do universo e do início da vida na Terra com a auto evolução dos seres vivos, particularmente o homem.

O método da Natureza um dia será completamente escrito em livros com os códigos da vida. Supõe-se que esses códigos servirão para a invenção de algumas tecnologias, cópias imitadas de métodos e inovações tecnológicas da Natureza, em muitos bilhões de anos.

Como o cérebro produz a consciência é algo que compete à ciência esclarecer. Pode-se imaginar abordagens eletrônicas do comportamento humano, mediante programas computadorizados eficientes que imitam algumas manifestações reflexas da consciência. As imitações de pura racionalidade multiplicam-se, mas os programas que maquiavam comportamentos racionais são meros simulacros, não passam de vaga aparência.

Sucessos científicos mostram que o custo global das iniciativas em favor da vida crescerá cada vez mais, o que pode resultar em disparidade na estratificação social, inescrupulosa. A inteligência artificial até poderá conseguir antecipar o futuro, tal como se faz a previsão do tempo. Uma elite conseguirá os meios de prolongar a sua boa vida,

enquanto a enorme maioria da humanidade continuará a levar uma existência miserável, como agora.

Sexo e dinheiro se tornarão paraísos temporais muito bem falsificados. Mas, atualmente, apenas a inteligência humana produz conhecimento novo. O discurso propagandístico, que prega o obsoletismo do trabalho humano pelas vantagens de tecnologias que vão existir, tem efeitos psicológicos e comportamentais maléficos, pois a plasticidade, a adaptabilidade e a imprevisibilidade da inteligência humana, que integra resultados relevantes de conhecimentos nascentes de investigação científica, são atributos exclusivos do ser humano criativo.



Capítulo 25

PORQUE SOMOS DIFERENTES

Evolução é o fato acontecido que dá o sentido à vida.

Parte da população não pega Covid-19
Imunidade inata.

A parte que pega tem três grupos:

Infecção leve; moderada e grave.

Código genético, níveis de imunidade

Diferentes pela diversidade,

Descendentes modificados.

Aptidão individual

Aprendizagem customizada

Cultura, ética, igualdade de oportunidade

Educação evolui

Mente criativa desperta

Investiga mistério da vida

Tulipa negra, raça é distinção.

Imagem, memória, pensa e sente

Processamento dos neurônios

Bilhões deles, gordura, proteínas e água

Proteção, líquido cefalorraquidiano

Meninges e crânio

Muitas vezes maior que o cérebro do leão

Consome 20% de oxigênio no corpo

Ácido, gordura do cérebro
Fosfolipídico, membrana neuronal
Elétrons em solução gordurosa
Átomo, redução e oxidação, energia,
Oxida, perde elétron; reduz, ganha elétron.
Perde-ganha, corrente elétrica
Matéria conserva energia

Proteínas, cromátides de neurônios
Elétrons transitam
Hemoglobina, átomos de ferro, oxigênio
Estimula torre de sinalização
Fenômeno físico, controle genético
Estímulo ao pensamento
Programação aberta: diversidade.

A diversidade é fenômeno abrangente resultante do código genético de programação aberta que impede a criação de dois indivíduos iguais. A abrangência da diversidade é ampliada pela epistasia: fenômeno natural em que os alelos de um ou mais genes inibem a manifestação de alelos de outro genes. Esse fenômeno de interação gênica ocorre quando múltiplos genes agem sobre uma característica. A inibição resultante assegura, por exemplo, que gêmeos univitelinos, gerados por única fecundação, jamais sejam idênticos.

Em gêmeos univitelinos, o encontro de um espermatozoide com um óvulo para formar um zigoto dá origem a dois indivíduos com fenótipos parecidos, porém com códigos genéticos diferentes em decorrência de epistasia e mutações mais frequentes durante a vida embrionária. A diversidade humana é obra de rara beleza somente produzida pela engenharia genética da Natureza. A biotecnologia da diversidade

precisa ser estudada, cuidadosamente, para a elaboração dos métodos de ensino-aprendizagem com base nas palavras laicidade (*laós*) e democracia (*demos*) entendidas como regime social de convivência.

Como somos diferentes?

A resposta para a questão é examinada na realidade da pandemia do vírus corona que causa a doença da Covid-19. A hipótese sugere que os humanos são diferentes porque evoluíram mediante vários fenômenos naturais que os fez únicos, “indivíduos”, sem similaridade no código genético, jamais repetido.

A história da medicina revela ciclos de pandemias de origem viral, tal como a Covid-19 (2019-2022), a gripe espanhola (1918-1920) e outras similares nos séculos e milênio passados. A análise sugere que pandemias cíclicas ocorrem, geralmente, em intervalos de cerca de 60 a 100 anos, com características epidemiológicas diferenciadas pelos efeitos clínico-patológicos. O longo período entre as pandemias tem sido explicado pela imunidade natural da população que sobrevive à virose, e a pandêmica desaparece, gradualmente, após falecimento de casos susceptíveis.

À medida que os indivíduos susceptíveis escasseiam, haverá prevalência de hospedeiros resistentes à infecção viral e a pandemia desaparece. Nas décadas seguintes, a população humana cresce pelos cruzamentos de indivíduos heterozigotos com diversidades de modificações no código genético. Após a terceira geração de descendentes, a pleiotropia reconstitui a heterose social com os vários padrões de resistência e susceptibilidade às viroses. Com os novos hospedeiros susceptíveis, geralmente após duas ou mais gerações, pode ocorrer

outra pandemia pelo vírus letal para aquela parcela de indivíduos não resistentes.

A estimativa sugere que, entre os 40% da população susceptível, 80% delas têm a infecção leve, sem gravidade. Entretanto, os 20% dos casos que desenvolvem a doença grave, a maioria se recupera e cerca de 4% falecem, não obstante o tratamento. A taxa de letalidade entre os infectados varia com a infectividade do vírus, após ondas sucessivas ao longo da pandemia. Variações nos percentuais de agravos à saúde são explicadas pela diversidade de informação no código genético em programação aberta que confere resistência ou susceptibilidade.

Considerando a Covid-19 produzida por um vírus desconhecido, a experiência dos serviços de saúde será esclarecedora dos agravos. A pandemia em curso durante os anos de 2020 a 2022 revela a evolução dos mecanismos genéticos que diferenciam quatro perfis de resistência inata: *i*) não susceptível; *ii*) susceptível com infecção leve; *iii*) susceptível com doença clínica moderada e cura; e *iv*) susceptível à Covid-19 grave e morte.

Neste cenário, um olhar atento mostra claramente que a seleção natural garante a vigilância que assegura a evolução continuada da espécie humana, protegida de destruição por pandemia de vírus letal pela diversidade genética. Neste caso, a proteção parcial está relacionada aos mecanismos reconhecidos pela genética de população, todavia, ainda sob investigação nesta pandemia pelo vírus novo que causa a doença da Covid-19.

A pandemia do novo vírus corona, iniciada na cidade de Wuhan na China, em novembro de 2019, pegou a comunidade dos cientistas de surpresa. Na ausência de tratamento eficiente na cura da doença da Covid-19, estes profissionais buscaram caminhos para produzir vacinas e coibir a pandemia.

O conhecimento adquirido nos primeiros meses foi essencial para planejar a produção de vacinas e diferentes abordagens foram experimentadas. Uma parte da comunidade científica considerou que, para alojar-se no interior da célula humana, pelo menos uma sequência do RNA viral precisa ter similaridade com um *locus* na sequência das bases de nucleotídeos do código genético. Na ausência do *locus* não haverá a aderência que sustenta a infecção.

A mente criativa dos cientistas empenhados no combate à pandemia produziu um tipo de vacina com cópia complementar de RNA de interferência, para ocupar o *locus* de adesão do vírus no genoma humano e impedir a infecção. A vacina é uma resposta da ciência aos fanáticos da Terra plana, negacionistas, genocidas que facilitam a expansão da doença. Outras vacinas foram produzidas pelo método habitual que usa proteínas antigênicas de origem viral, em tempo recorde.

A diversidade da mente criativa é riqueza inextinguível porque encontra solução para a questão de vida ou morte. O conhecimento sobre a genética de população que confere diversidade sugere o planejamento do ensino-aprendizagem para a satisfação da curiosidade da pessoa. Assim, o foco do sistema educacional na diversidade pode estimular os alunos para o desenvolvimento de ampla capacidade de aprendizagem com autonomia, indispensável pré-requisito para o progresso da ciência, da cultura, da ética, e da igualdade de oportunidades.

A capacidade de adquirir conhecimento e de pensar com autonomia são atributos inatos da inteligência programada no cérebro humano antes do nascimento. Esses atributos da diversidade devem ser reconhecidos na escola, com igualdade de oportunidades. A inteligência tem potencial infinito e pode ser estimulada na escola, diferenciada para reconhecer as aptidões dos alunos. A evolução da mente se

associa ao aprendizado com a satisfação da curiosidade inata, em todos os níveis do ensino. O despertar da mente criativa requer incentivo ao longo do processo educativo que acolhe perguntas e respostas sobre os mistérios da vida.

A base genética da diversidade

Noções preliminares de genética mediada por fenômenos físico-químicos sugerem que o aprendizado fica mais atrativo quando as mentes dos interlocutores são estimuladas pelo programa de estudo aberto que dá acesso à imensa diversidade modulada pela diversidade genética, pela ambiência e pela contingência de fatores que estimulam o pensamento.

Imagens, memórias, imaginação e tudo o que se vê, pensa ou sente é processado nos neurônios do cérebro. Não há relação entre tamanho do cérebro e inteligência no *Homo sapiens*. Entretanto, o cérebro humano, pesando 1.300 a 1.400 g, é 10 a 20 vezes maior que o do leão com peso corporal idêntico. O cérebro, formado por água (58%), gordura (30%), proteínas (8%), e por cerca de 86 bilhões de neurônios, e de outros tantos tipos de células de limpeza e proteção, flutua no líquido cefalorraquidiano contido pelas meninges. O intenso metabolismo de neurônios no cérebro requer suprimento abundante de oxigênio que chega a 20% do total consumido pelo corpo humano.

No cérebro há incontáveis moléculas de gordura, principal componente da membrana de neurônios, que agem como linha de transmissão do sinal elétrico entre as células. O ácido decosahexanoico, principal componente da gordura, tem função condutora e transmissora de elétrons de neurônios para proteínas em células à distância, e vice-versa.

A energia elétrica é produzida no cérebro pela oxidação e redução de átomos de espécies químicas, tais como gordura e proteína. O átomo que oxida perde elétron e o que reduz ganha elétron de outro atacado por enzima redutora. Perda e ganho de elétrons geram corrente elétrica. Um exemplo deste perde-ganha dos elétrons é identificado quando uma proteína aderida à cromátide de cromossoma emite sinal para outra molécula com carga elétrica oposta, ligada ao DNA de outro neurônio. Nas hemácias, átomos de Fe^2 na hemoglobina do sangue transporta o O^2 e o deixa em neurônios, e em células musculares que executam o trabalho motor sujeito à estimulação pelos elétrons de vias de sinalização.



Capítulo 26

SELEÇÃO EPIGÂMICA

*Os indivíduos mudam seus caracteres
continuadamente, mas sua unicidade prevalece.*

Seleção natural, evolução
Escolha de parceiro, seleção de gameta
Mutação, recombinação, fenótipos diferentes
Tecnologias de microrganismos
Transporte de partículas subatômicas
Soma de fatores isolados
Sistemas biológicos complexos

Diversidade genética, sequência de DNA
Diferenciação de fenótipos, controle de enzimas
Organização de seres vivos: subpartículas, átomos
Micromoléculas, macromoléculas, células, tecidos,
Órgãos, sistemas, indivíduos.
Famílias, populações, espécies.
Seleção epigâmica, diversidade aleatória.

Especiação: cruzamento na espécie
Deriva genética, separação de fenótipos
Descendentes em isolamento
Cruzamento de lobos selvagens
400 raças de cães,
Dogue alemão e chihuahua não cruzam.
Nova espécie: isolamento e reprodução.

Fenótipo, interação de genes
Fertilização aleatória
Pool de genes: homeostasia
Heterozigotos, herança dessemelhante
Consanguíneos, homozigose
Heterozigose, potência, vigor físico e intelectual
Cota de imigração, melhoramento genético.

Edição transcrita, compartilhada
Genes codificam proteínas, enzimas esculpem embrião
Liga-desliga sinalizam nova estrutura
Sinal se estingue, outra estrutura aparece
Orquestração tem movimento final
Unicidade, sistema complexo
Diversidade.

A epigamia comanda as forças de seleção sexual com diversidade crescente e faz com que a evolução das espécies requeira conjunto de fatores associados com mutação, recombinação, adaptação ao ambiente e diversificação dos fenótipos. Vários fatores da diversidade envolvem funções cooperativas poligênicas: *i*) mutação, que aumenta a diversidade do “*pool*” de genes à medida que a seleção natural orienta a seleção da melhor adaptação; *ii*) seleção natural, que atua no processo reprodutivo que diferencia fenótipos; *iii*) qualidade seletiva, presente em organismos complexos cujos fenótipos conferem tolerância ao calor, obtenção de alimento, reconhecimento e fuga de predadores, e capacidade de reprodução; e *iv*) epigamia, a seleção do gameta masculino pela fêmea.

A evolução biológica significa criação continuada de novos sistemas a partir de invenções básicas preexistente em bactérias, tais como

transporte de prótons, elétrons nêutrons e subpartículas de elementos químicos disponíveis. Todavia, a propriedade desses sistemas não é a soma dos elementos isolados. Então, qual seria a natureza das reações químicas que contribuem para a composição de sistemas biológicos complexos? As análises sugerem que a maior diversidade pode ter origem em modificações de macromoléculas de DNA e do controle genético de proteínas com atividade enzimática que diferenciam fenótipos. Tais seres derivam da organização de subpartículas, micromoléculas, macromoléculas, componentes de células, tecidos, órgãos e sistemas de órgãos, indivíduos, famílias, populações e espécies.

A compreensão completa do sistema requer análises de cada unidade e de todo conjunto. A seleção epigâmica, mediante a escolha do parceiro sexual, acrescenta diversidade genética, parte essencial do processo de seleção natural. Porém, a história revela que sempre foi necessária a idade de amadurecimento para aceitação de ideias resultantes de novos descobrimentos.

Os indivíduos na sociedade contemporânea podem viver em tempos diferentes: alguns olhando mais para a frente e outros mais para trás.

Espeiação

Novas populações são formadas pelo cruzamento de indivíduos da mesma espécie, com fenótipos parecidos. Quando os descendentes são mantidos em isolamento, ocorre deriva genética e separação desses fenótipos. Com essa técnica de acasalamento, foram produzidas mais de 400 raças de cães com fenótipos tão diferentes, como o dogue alemão (80 kg) e o chihuahua (5 kg). A barreira física impede o

cruzamento dessas raças. Assim, cada raça em isolamento geográfico pode se tornar uma nova espécie pela reprodução sexuada.

A genética de população é investigada com abordagem holística, mediante observação, descrição e experimentação. Então, com função tempo progressiva verifica-se que, na evolução, o descendente modificado por deriva genética diferencia fenótipos após muitas gerações, em milhares de anos.

O aluno questiona: — Se não vejo, não existe!

O professor acrescenta: — mas não se pode concluir que populações isoladas não completam a especiação, porque existe no mundo um milhão de espécies do Reino Animal. O acompanhamento do processo da especiação requer observação em muitas gerações, e fica difícil documentar todas as etapas da especiação alcançada quando todos os indivíduos da mesma população cruzam com os da mesma espécie.

As noções de Jean-Baptiste Lamarck (1774-1829) sobre herança de caracteres adquiridos, sobre a importância do uso e desuso de funções, e sobre a necessidade (*besoin*) de perfeição, tornaram-se obsoletas. Entretanto, Lamarck tem contribuição reconhecida sobre a importância do ambiente na evolução de animais e vegetais, e na divulgação do processo de evolução das espécies. Também, o monge Gregor Mendel (1822-1884) contribuiu para a genética ao pensar que a herança era devida a partículas que passavam de geração para geração de acordo com as leis de proporções definidas.

Tempos depois, as partículas foram reconhecidas como genes, cuja herança é aleatória. Os conceitos antigos foram substituídos pelos conhecimentos de genética moderna que evidencia evolução pela

seleção natural de indivíduos melhor adaptados: — de descendente comum para descendente modificado.

O antropocentrismo foi abolido porque o *Homo sapiens* está sujeito à evolução e seleção natural como os demais seres vivos.

Espécies são formadas por indivíduos de população isolada em área geográfica que propicia o compartilhamento de genes. A evolução das espécies pela seleção natural depende de vários fenômenos biológicos entrelaçados: — *i*) Reprodução sexuada pelo cruzamento de indivíduos da mesma espécie; *ii*) Deriva genética, processo randômico da herança numa população com modificação da frequência de genes pela seleção natural; *iii*) Isolamento geográfico das espécies que se reproduzem sexualmente; *iv*) Variação geográfica com diferenças entre raças de indivíduos devido aos fatores ambientais.

Já a diferenciação entre indivíduos é resultante de informação genética em novos programas de informação que induz novas formas de reação. O fenótipo resulta da interação dos genes com o ambiente onde são construídos novos genótipos pela fertilização aleatória. Tudo isso se passa no ambiente biótico e físico de seleção natural e o balanço do “*pool*” de genes favorece interações de viabilidade máxima pela homeostasia genética, que é potenciada pelo cruzamento de indivíduos heterozigotos, que possuem gametas dissemelhantes. O contrário disso é a homozigose, quando os gametas são oriundos de genitores consanguíneos, ou quando os indivíduos são criados em gaiolas que permitem cruzamentos com herança genética semelhante.

A heterozigose reforça o vigor físico e intelectual devido aos fatores genéticos com a melhor adaptação. Nesse contexto, a heterozigose é

crescente nas nações que zelam pelas populações indígenas ancestrais e que praticam cotas de imigração.

As causas de adaptação das características existentes e da enorme diversidade do mundo orgânico são analisadas pela biologia da evolução. A seleção natural é controlada em cada célula com programa de decodificação do DNA: pela biologia da evolução, nada se repete.

Epigenética e teoria do desenvolvimento

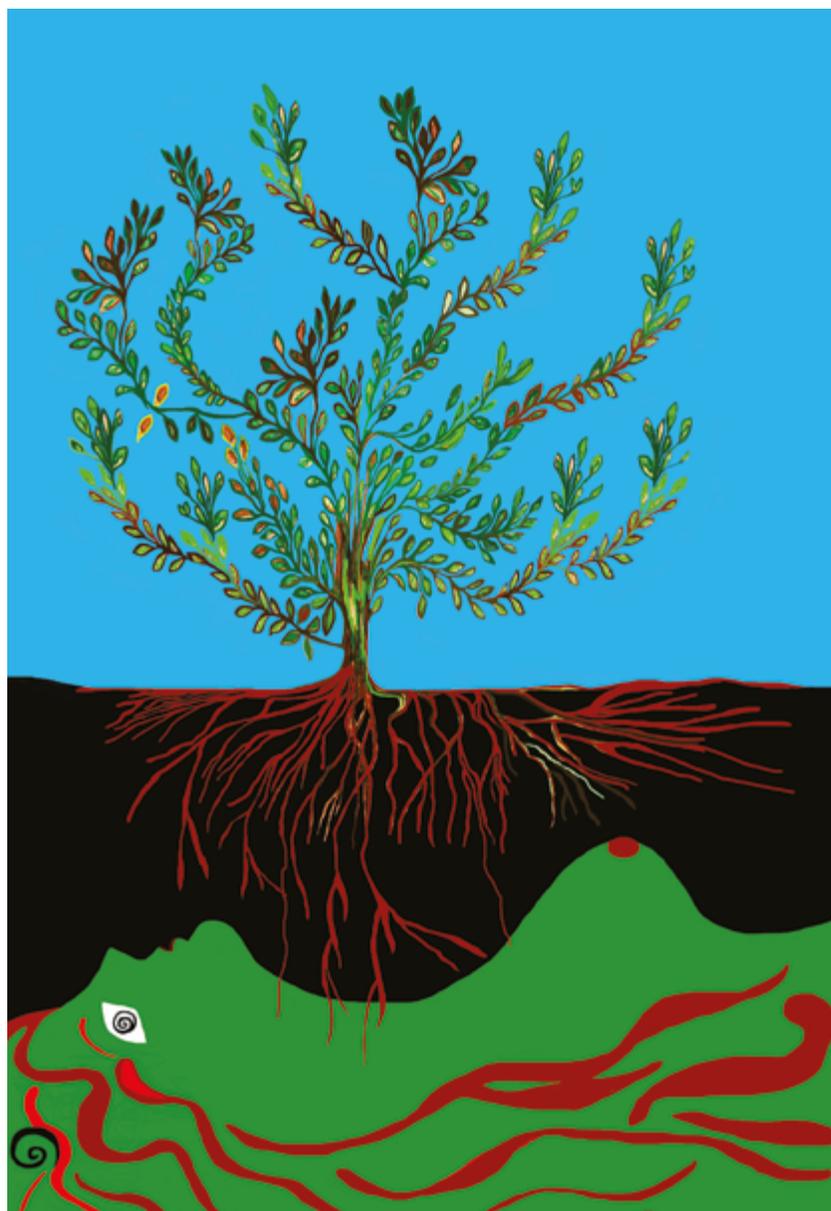
Todas as células têm nos cromossomos a programação genética e a interação de genes durante o desenvolvimento embrionário. Este fenômeno demanda perguntas:- *i*) Como as células da parte interna amarela do ovo com citoplasma e núcleo se transforma em organismo adulto altamente organizado?; *ii*) Como as estruturas codificadas no ovo materno se transformam num organismo adulto?; *iii*) O que regula o imenso leque de diferenciação?; *iv*) O que acontece quando o ovo fertilizado cliva células filhas que se dividem pela meiose e se diferenciam nos gônios nos testículos e nos ovários que dão origem aos gametas? As respostas são encontradas na epigenética que estuda desenvolvimento e ativação de genes.

Tal nível de complexidade já existe pré-formada, transcrita na programação dos gametas que formam o embrião, editada e compartilhada em todas as espécies de seres vivos em desenvolvimento, como fenômenos em cascata: *a*) genes que codificam proteínas com atividades de enzimas que formatam o novo embrião; *b*) cada gene sinaliza, em curto período, o aparecimento de uma nova estrutura; *c*) o sinal logo se extingue quando outro gene inicia nova sinalização para criar estrutura seguinte, a partir do que já existe na programação originada durante a fusão dos gametas.

Então, o desenvolvimento de estruturas diferenciadas do embrião depende da sinalização de genes que liga e desliga em momento preciso, conforme formatação no genoma das células do ovo fecundado.

O desenvolvimento do embrião lembra uma orquestra com liga-desliga de cada instrumento no movimento certo. As condições em que os genes são desativados são desconhecidas, pois a complexidade da teoria do desenvolvimento tem base na unicidade de sistemas complexos. Inexistem dois indivíduos iguais pela reprodução sexuada, em sistemas biológicos complexos. De fato, diversidade genética, especiação e população resultantes de longo processo de evolução com programação de herança que favorecem vigor físico e intelectual, em sistemas ecológicos diferentes, têm nada a ver com o reducionismo.

É impossível o alinhamento de sistemas biológicos complexos, controlados historicamente por programação genética aleatória. Mas é seguro afirmar que a tradução de programação genética em comportamento pode ser modificada por impulsos sensoriais e por estados fisiológicos intrínsecos, tal como desbalanço hormonal.



O descanso de Perséfone

Capítulo 27

É BOM PENSAR

Uma ampla capacidade de aprendizagem é pré-requisito indispensável para o desenvolvimento da cultura e da ética da igualdade de oportunidade.

Ouvi duas pessoas, três opiniões diferentes
Homem fala, emite elétrons, ondas sonoras
Partículas da audição transportadas aos neurônios
Mensagens formam opinião
Ideias no pensamento
Emoção e sentimento: coração e cérebro
Elaboração físico-química, neurociência.

DNA em locomotiva sobre trilhos
Vagões, *containers* de nucleotídeos pareados
Chassi de carboidrato, engate carboxila.
Células haploides, dois trilhos-cromátides
23 cromossomos nos vagões
Células diploides, duas locomotivas, quatro cromátides
46 cromossomos nos vagões sobre trilhos.

Macromoléculas de DNA viajam
Se entrelaçam, estrutura tridimensional
Torres bióticas, diferenças de cargas elétricas
Mutações em vagões, alças de diversidade
Ligam proteínas, fluxo de íons
Potenciais elétricos inestimáveis
Sinalizações bióticas: ideias.

Complexidade de sinais,
Estímulos físicos diferenciados
Interpretação de imagens, composição de cores
Profundidade e significado do olhar
Apreciação de sabores, percepção auditiva
Energia química antecipa musicalidade
Apagão físico-químico, fuga de pensamento.

Inteligência e biodiversidade
Neurônios associados
Sinalização acesa na mente
Beleza, valores da ética e da moral.
Aprendizagem, atividades associativas
Possibilidade ilimitada de expansão
Autonomia na arte de pensar.

A diversidade do pensamento é revelada pelos ditos populares do tipo: “ouvi duas pessoas e achei pelo menos três opiniões diferentes”. O dito não é exagero, pois opiniões livres mudam de acordo com o ambiente e a contingência, fatores que interferem na comunicação entre neurônios de interlocutores. Ao tempo em que as pessoas falam, emitem ondas sonoras em forma de partículas captadas pela audição que transmite os elétrons para os neurônios que elaboram mensagens que formam opinião.

Aqui não se pretende camuflar os mistérios da formação do pensamento na causalidade físico-química, não esclarecidas pela neurociência que lida com os fenômenos da emoção e do sentimento, conectando coração e cérebro. Porém, o método dedutivo de investigação revela que a inteligência pode observar, relatar e sugerir explicação para fenômenos acessíveis ao método científico indutivo experimental, permeáveis

à curiosidade da mente humana. Com a devida *vênia*, uma hipótese de gênese do pensamento foi sugerida pela análise da estrutura do DNA, cujas sequências de bases nitrogenadas retêm informação, memória e herança de caracteres, ainda que cambiantes ao longo da vida dos humanos.

O DNA é a macromolécula que forma o cromossoma funcional. Na espécie *Homo sapiens* existe 23 pares de cromossomos que compõem o genoma no núcleo de cada célula do corpo, cada um com cerca de 300 trilhões de bases nitrogenadas: Adenina, Citosina, Timina e Guanina, que se emparelham em fita dupla (A-C, T-G) para formar os genes. Cerca de 75% do DNA do genoma tem origem em vírus, e o restante tem origem em bactérias, em protozoários, em metazoários, e em vertebrados em menor quantidade.

Uma prova da origem do DNA é a similaridade da sequência de nucleotídeos de vírus, encontrada em todos seres vivos. Os genes são traduzidos em proteínas formadas por unidades de aminoácidos. Cada aminoácido de proteína humana guarda analogia com o protozoário, as bactérias e os vírus. A unicidade de estrutura química do DNA e dos aminoácidos é um denominador comum que revela a ancestralidade de cada ser vivo.

Com finalidade didática, a gênese do pensamento pode ser mais bem explicada em linguagem figurada.

A metáfora da linha-férrea

Ao forçar um padrão idêntico de ensino, o sistema educacional desperdiça a riqueza na diversidade genética de jovens com talentos diferenciados.

No genoma humano existe 30 mil genes, ocupando apenas 20-25% do DNA total do genoma. Mas isso não quer dizer que 75% do DNA seja inútil. Significa dizer simplesmente que apenas não se conhece ainda completamente a função de cada pedaço de sequência repetida na fita dessas macromoléculas, pois segmentos curtos de DNA repetitivo, de origem viral, encaixam-se em todos os cromossomos, inclusive em fragmentos de sequências de genes.

A estrutura do gene da transcriptase reversa de vírus é encontrada no genoma humano. O genoma do coronavírus, do HIV ou de qualquer outro vírus RNA, possui sequência de nucleotídeos que codifica proteínas com atividade de enzimas tipo transcriptase reversa e transposase. Sequência idêntica do gene com atividade de transcriptase reversa e transposase é encontrada em todos os seres vivos, inclusive no *Homo sapiens*.

O genoma dos seres vivos, flanqueado pelas sequências de nucleotídeos repetidos curtos nas extremidades, recebe o nome de transposon. Esses elementos, conhecidos como SINES e LINES, são sítios eletivos para as mutações, enxertos de DNA exógeno. A estrutura de DNA que favorece mutação e recombinação é uma inovação biotecnológica presente em todos os seres vivos que podem ter o genoma modificado pela ação da transcriptase reversa, que copia pedaços de DNA e o transpõe para sítios do mesmo cromossomo ou para sítios distantes de outros cromossomos. É uma inovação biotecnológica que tem a habilidade de alterar o genoma, silenciando ou criando genes mediante recombinação, e alterando a programação do código genético pelas mutações. Estas mudanças podem ser neutras, sem efeito funcional, quando semeia o DNA repetitivo no genoma.

O gene da transcriptase reversa presente em vírus, inclusive no HIV, serve como prova de nossa ancestralidade molecular, herdada de

microrganismos ao longo de mais de 2 bilhões de anos. Esta herança explica por que as sequências de DNA dos genomas do homem e do macaco são 99% idênticas. Então, é possível dizer a quem pertence aquele DNA? Sim, porque cada indivíduo tem modificações peculiares em posições aleatórias do DNA repetitivo na carga de vagões de locomotiva. Essa aleatoriedade sugere que os testes de DNA não têm valor forense.

O DNA pode ser comparado a uma imensa locomotiva com chassi formado por açúcar, puxando vagões com containers de bases nitrogenadas pareadas, tendo uma carboxila como peça de engate. Cada célula germinativa – óvulo e espermatozoide, haploides – tem linhas de dois trilhos onde passam locomotivas com vagões que transportam 23 cromossomos. As demais células do corpo – somáticas, diploides – tem duas locomotivas para 23 pares de cromossomos. Então, macromoléculas de DNA no núcleo de cada célula viajam em locomotivas sobre trilhos ou linhas que se chamam cromátides, emparelhadas como fitas em hélices, ou entrelaçadas em estrutura tridimensional com diferenças de cargas elétricas.

Durante o transporte, ao longo das cromátides, ocorrem mutações em fitas de DNA em diferentes vagões em que sequências da macromolécula codificam proteínas com atividade de enzimas, transpõem as posições das bases e remodelam o genoma, formando alças que agrupam em torres tridimensionais. As variações das posições das cargas podem ser modificadas pela reprodução sexuada em múltiplas gerações, quando os gametas dos parentais se misturam, e acrescentam diversidades aleatórias, com potenciais elétricos inestimáveis.

A carga de DNA repetitivo acumulada gradativamente ao longo de quase dois milhões de anos tem notável instabilidade. Apenas 25% do total do genoma tem alguma estabilidade, onde ficam inseridos cerca

de 30 mil genes, muitos dos quais servem de molde para a fabricação de proteínas, que se ligam nas alças e curvaturas de regiões repetitivas variáveis de DNA para formar torres bióticas. Essas estruturas são como torres digitais com diferença de potenciais elétricos que sustentam a sinalização e a comunicação entre as diversas células do corpo. A sinalização é complexa entre as torres dos neurônios do cérebro, o que pode explicar a elaboração do pensamento, cuja aleatoriedade e atemporalidade acrescenta diversidade e singularidade ao ato de pensar.

Podemos atribuir à complexidade de sinais trocados pelas torres digitais habilidades, como a interpretação de imagem, a apreciação da composição de cores, a profundidade e o significado do olhar, o valor agregado à apreciação de sabores mediante milhares de papilas gustativas, e a percepção auditiva traduzida em energia e sons que antecipam a musicalidade tão rica nas espécies vivas, particularmente em pássaros e em humanos.

Em resumo, a inteligência é fenômeno complexo potenciado pela biodiversidade de múltiplas áreas do cérebro onde neurônios selecionados para função específica emite elétrons, partículas energizadas, que sinalizam na mente de interlocutores, que elaboram ideias e sustentam diálogo, para apreciação da beleza do conhecimento que agrega valores éticos e morais. O aprendizado é um exercício constante de diversidade de habilidades associativas com possibilidade ilimitada de expansão, quando o indivíduo adquire autonomia de pensamento, desde a escola até a eternidade, em gerações sucessivas. Esses fatores são os atributos reconhecidos como memória de antepassados, inteligência emocional, conferindo ao pensamento valor heurístico.

O sistema educacional pode compartilhar conhecimento com autonomia que potencia essa riqueza ímpar disponível na natureza intrínseca de elementos que compõem os seres vivos.



Calcinção: ouro em brasa

Capítulo 28

RIQUEZA DA CIVILIZAÇÃO

Cada indivíduo é um fenômeno novo de evolução biológica.

Mutações, variações genéticas
Indivíduo sobrevive, vantagem
Reprodução, frequência maior
Interação de genes, fenótipo alterado
Gene, efeito benéfico ou letal
Regulação da natureza química:
Metilação, histonas ligantes de DNA.

Sistema óptico complexo
Transparências, variações de cores e formas
Complexidade poligênica
Milhares de olhos diferentes
Pais de olhos negros, filhos de olhos verdes
Retina, ação de enzimas, pigmentos
Descendentes de olhos mesclados

Fenótipo, evolução biológica
Pássaros, sonoridade, natureza indômita
Orquídeas se alimentam do ar
Indivíduos reconhecidos visualmente
Distinção, reconhecimento de raça da espécie
Escola, inteligências diferenciadas
Diversidade, riqueza da civilização.

Mundo físico, sensório
Macromoléculas repetidas em súditos e rainhas
Origem comum dos seres vivos
Código da vida de programação aberta
Modificação do nascimento até a morte
Liberdade nas sociedades de seres vivos
Láos e Demos, regime social de convivência

Romance de células primevas
Laicidade e democracia
Igualdade de oportunidades
Diálogo, evolução e seleção natural
Empatia, alunos e professores
Amizade, cooperação, associação, solidariedade
Somos todos diferentes, somamos!

A teoria da evolução tem base multicausal que associa os fenômenos de mutação, recombinação, adaptação ao ambiente, e seleção. Quanto às espécies, identificam-se programações em diversos níveis: *i*) genótipo resultante da frequência de genes que conferem a herança genética; *ii*) DNA, macromolécula, que retém informação genética que se traduz em herança; *iii*) RNA fita simples de nucleotídeos, que transcreve as informações de genes e as edita em proteínas, sujeitas a modificações pelas mutações e pelos erros de leitura; *iv*) herança poligênica, que diferencia o fenótipo do indivíduo reconhecido pelas características resultantes das proteínas organizadas em estruturas do corpo.

No contexto da biologia da evolução pela seleção natural, a herança deriva de conjuntos de genes traduzidos em proteínas que caracterizam o fenótipo de cada indivíduo. Então, a evolução é verificada nas proteínas do fenótipo, cada um com sua história.

Influência de mutações no fenótipo

As mutações enriquecem o “*pool*” de genes e promove variação genética, fenômeno relativamente frequente. A maioria das mutações em organismos multicelulares são crípticas, ocultas, mas qualquer variação vantajosa para o indivíduo tende para a sua preservação.

O indivíduo com essa vantagem sobrevive e reproduz com frequência maior que outro sem diversidade genética. Entretanto, mutação em um só gene só altera o fenótipo quando há recombinação e interação gene a gene. Em decorrência de recombinação, o gene em uma posição pode ser benéfico e letal em outra. Então, a influência do gene no fenótipo está sujeita a fatores regulatórios de natureza química, tais como metilação e oxidação do DNA por histonas, proteínas ligantes de DNA.

As enzimas são proteínas que funcionam igualmente em bactérias, plantas e animais. Seu sítio ativo persiste, a despeito de mutação no gene de origem, onde os aminoácidos têm valor seletivo. Modificações estruturais de proteínas sustentam a evolução com preservação da função. A regulação bioquímica da síntese de proteínas pelos genes guarda semelhança com uma sinfonia que influencia o crescimento, o desenvolvimento e a diferenciação de cada movimento evolutivo.

Já o citocromo-C é uma proteína com 100 aminoácidos encontrada em mitocôndrias de todas as espécies nas ordens de seres existentes. A aquisição simbiótica do citocromo-C da mitocôndria de bactérias deu origem ao fenômeno da aerobiose, respiração oxidativa que gera energia em todas as células nucleadas do corpo. O sítio ativo do citocromo tem 8 aminoácidos que geram a atividade enzimática persistente. A mutação no sítio ativo do citocromo é descartada pela seleção natural, nos reinos de microrganismos e de animais vertebrados.

A apreciação holística aguça a curiosidade essencial para avaliação de seleção natural, validando-a ou não.

Como a perfeição do olho pode ser desenvolvida a partir de mutações aleatórias?

O olho é um sistema óptico complexo formado por vários meios transparentes e de sistema fisiológico com múltiplos componentes, variações de cores e formatos. Essa complexidade é produzida por conjuntos de genes no comando do processo embriológico do olho. Os muitos milhares de olhos diferentes revelam a imensidão da variação genética pela associação de conjuntos de genes, pleiotropia e herança poligênica. Portanto, uma mutação em um gene não explica um novo fenótipo, por exemplo, olhos verdes no filho, cujos parentais têm olhos negros. De fato, os genes são unidade de herança, mas a definição do fenótipo do olho requer a interação simultânea de proteínas com atividade enzimática que altera a pigmentação da retina.

Na linha dos ancestrais, a reprodução sexuada e a seleção natural mostrarão descendentes com olhos negros ou, eventualmente, verdes, azuis, e mescla de cores.

Reprodução sexuada e heterose social

A evolução das espécies pelo aumento da complexidade genética tem relação direta com a reprodução sexuada, quando ocorre recombinação e permuta de genes. A herança genética resultante da reprodução sexuada é aleatória porque os cromossomos divididos pela meiose formam os gametas haploides do pai e da mãe. Durante a conjugação dos gametas ocorrem trocas de posição de pedaços de DNA

e mutações com reposição e mistura de genes com alelos do pai e da mãe. Por isso, o recém-nascido tem imensa diversidade potenciada pela epigamia que assegura a heterose genética dos pais.

Quando a reprodução sexuada acontece entre pessoas consanguíneas, a diversidade genética fica reduzida. O cruzamento entre indivíduos não consanguíneos potencializa a diversidade genética e esse fenômeno é conhecido como heterose social. Nesse contexto, pais e filhos são realidades distintas; ninguém é média, pois a herança aleatória tem complexidade imensurável. Por exemplo, mutação e recombinação que resultam em indivíduo bem-sucedido na utilização de recursos ambientais podem ser perdidas no próximo ciclo reprodutivo aleatório.

A magnitude da diversidade biológica é representada por um milhão de espécies de animais e meio milhão de plantas. A sonoridade do mundo é potenciada por 8.600 espécies de pássaros. Cada espécie é um fenômeno novo de evolução biológica observada e narrada pelos naturalistas. O maior avanço da biologia da evolução foi possível graças à contribuição de cidadãos que visavam a satisfação da curiosidade.

Espécies são grupos de indivíduos que se multiplicam sexualmente e se separam de outros grupos. Entretanto, se as diferenças de fenótipos entre indivíduos da mesma espécie forem suficientemente grandes para o reconhecimento visual, refere-se a tal grupo de indivíduos como raça. O pertencimento à raça de uma espécie é, sim, distinção. Portanto, raça é fenômeno universal da natureza, ocorrendo nos humanos e na maioria das espécies nos reinos dos animais e das plantas. Jamais haverá um tipo ideal, porque os conceitos de superior e inferior inexistem em genética, visto que fenótipos resultam de mistura de genes que podem ser selecionados ou não na próxima geração.

De fato, a diversidade genética da população, com variações em gerações sucessivas, é a maior riqueza numa nação civilizada.

Síntese

Este compêndio sobre a nossa origem subatômica foi escrito com a finalidade de apresentar aos cidadãos uma concepção holística sobre a origem da vida em bilhões de anos subsequentes ao resfriamento da Terra, após uma gigantesca explosão atômica do hidrogênio da nuvem Supernova. Tudo o que existe no mundo foi reconhecido primeiramente pela imaginação da mente criativa, inicialmente pelo método empírico e, depois, pela experimentação feita pela natureza ou pelo *Homo sapiens* em laboratórios de pesquisa.

A presença das mesmas moléculas de nucleotídeos de DNA e de aminoácidos de proteínas em *todos* os indivíduos é indicação segura de uma origem comum de todos os seres vivos. O código da vida é comum a todas as espécies com programação aberta, sujeito a modificações desde o nascimento até a morte, o que explica a diversidade genética potenciada pela reprodução sexuada, cada indivíduo com sua história, jamais repetida.

As características de nossa herança genética sugerem que a organização das sociedades humanas tem sustentação no significado das palavras gregas *laos* e *demos*, no entendimento de regime social de convivência democrática.

O romance das células primevas é um diálogo aberto sobre evolução e seleção natural dos seres, escrito com linguagem simples, voltado, principalmente, a alunos e professores. Entretanto, demanda aprofundamento do conhecimento específico, acessível aos programas

de ensino-aprendizagem. O que se pretende é que a leitura aberta ao questionamento estimule a curiosidade essencial para o exame de assuntos da realidade que associa diversidade genética com laicidade e democracia, atributos da igualdade de oportunidades.

Somos todos diferentes, essa é a riqueza da humanidade, que precisa pensar e estudar os fenômenos da origem do ser humano que goza de liberdade de pensamento e de expressão.



POSFÁCIO

O Homo sapiens é apenas um elo da cadeia evolucionária.

Os capítulos do livro e a companhia do(a) leitor(a) logo chegarão aos micróbios colocados no topo da hierarquia da vida, até os animais vertebrados que ocupam o nível mais baixo entre os demais seres vivos. A atividade energizante das partículas dos átomos da atmosfera primeva levou à formação das primeiras moléculas e colocou em movimento a evolução, iniciada por volta de 4.500 milhões de anos atrás, mediante fenômenos físico-químicos que organizaram os microrganismos, procariotas, sem núcleo.

Nos 2.600 milhões de anos seguintes, os micróbios compartilharam seus ingredientes de origem viral e suas moléculas replicáveis de RNA e DNA deram origem aos seres unicelulares eucariotas, nucleados, há 1.900 milhões de anos. As primeiras bactérias anaeróbicas sobreviveram em nichos sem oxigênio tóxico, mas logo aprenderam a retirar o oxigênio das misturas de gases na atmosfera pela reação de sulfetos metálicos com moléculas de oxigênio para formar dióxido de enxofre.

Os microrganismos se diferenciaram para produção de energia. Os mutantes adquiriram organela de nome cloroplasto de cianobactérias fotossintéticas, e multiplicaram-se pela reprodução sexuada, sintetizaram açúcares pela reação de dióxido de carbono e água com aproveitamento da energia solar, e deram origem às plantas. Outras bactérias mutantes adquiriram a mitocôndria e desenvolveram o sistema de

respiração oxidativa do citocromo-C localizado nas cristas da organela que produz a energia química, e deram origem aos animais.

A evidência da realidade do planeta revela que o pensamento antropocêntrico tradicional é inadequado, não dá conta de explicar a origem da vida. Assim, a humanidade deve ser compreendida na perspectiva de um planeta onde as espécies evoluíram como parte de um processo microbiano. Nesta perspectiva, os micróbios ocupam o topo da hierarquia e os animais vertebrados ficam no último nível da evolução.

A desconstrução da hierarquia tradicional, que tinha o homem no topo e os microrganismos no nível mais baixo, revela a importância ecológica evolucionária da bactéria, o mais antigo e minúsculo entre os organismos vivos. Não se trata de inverter a ordem ou vilipendiar as convenções, mas constatar que a humanidade é apenas um entre muitos outros fenômenos dependentes dos micróbios.

Mesmo na circunstância da provisoriedade cíclica da evolução microbiana, a separação entre homens e bactérias como fenômenos biológicos é impossível. Há quem diga que tais ideias de superioridade revelam o *Homo insapiens*.

Os seres humanos são inseparáveis do restante da natureza, mas persistimos em conflito com o ecossistema global. Mesmo se fosse conquistada a expansão extraterrestre da vida, não se poderia dizer que a humanidade é humana, conhecendo sua origem microbiana. Os cientistas asseguram que todos os seres vivos têm origem na biota microbiana que evoluiu globalmente interconectada e tecnologicamente reforçada pelos aportes de genes de várias procedências.

Nosso retrato de *Homo sapiens* no reinado do barro vermelho continuará glorificado pelo mérito de nos lembrar nossa ancestralidade sem exclusão de possíveis conexões com outras biosferas bacterianas.

O físico, filósofo e matemático René Descartes (1596-1656) acreditava que o pensamento gera a matéria. Todavia o ensinamento dos cientistas e dos poetas assegura que o correto é pensar que a matéria gera o pensamento. Sugere-se que todos observem os fenômenos naturais para reconhecer humildemente que somos uma espécie entre um bilhão de outras que produz energia e emite pensamentos comunicados em sinais das linguagens. Há quem ouça os poetas e os cientistas sem escutá-los.

Na metade do século XIX, Charles Darwin publicou suas observações sobre a *Origem das espécies pela seleção natural*. Seus estudos foram essenciais para a desconstrução do antropomorfismo. Na verdade, as comunidades de microrganismos protistas e seus aparentados, tais como plantas, fungos e animais, foram os protagonistas da vida no microcosmo.

Uma época há de estar amadurecida para uma nova ideia, novo descobrimento!

A educação ecológica sugere que não há necessidade de subir no pedestal e assumir que um organismo seja mais evoluído ou melhor do que outro. A boa educação tem a base na evolução saudável das espécies vivas pela seleção natural motivada pelos fenômenos de aproximação, associação, compartilhamento, trocas genéticas, simbiose, solidariedade e cooperação entre os seres vivos.

Os fenômenos naturais associados à agregação de partículas subatômicas de elementos químicos deram origem às moléculas primevas, e os microrganismos que compartilharam o cloroplasto com as plantas e a mitocôndria com os animais. Essas organelas produziram energia, respectivamente, a partir da luz solar e do consumo de dióxido de carbono pela respiração oxidativa, e sustentaram a vida.

Com a mente voltada para a beleza do conhecimento sobre a natureza indestrutível, o(a) leitor(a) é compelido a entrar no *Admirável Mundo Novo* (Aldous Huxley, 1894-1963) para apreciar as conquistas que emergiram da evolução pela seleção natural. O autor acredita que as melhores ideias na mente criativa do(a) leitor(a) clamarão por uma reforma profunda nos métodos de ensino, para apreciação dos pensamentos originais que geram bem-estar.

Toda revolução produzida pelo conhecimento científico desloca certezas e convicções.

A evolução natural dos fenômenos na programação aberta do código genético impresso no DNA dos cromossomos determina as características de cada indivíduo, jamais repetidas. A diversidade genética que produz a heterose social e confere a unicidade do indivíduo deve ser a base da construção dos métodos de ensinoaprendizagem de todo o sistema educacional. Cada aluno expressa seu pensamento diferenciado em si pela sua herança genética. Cada mestre tem o desafio técnico de aconchegar as características individuais.

O processo de aprendizagem que observa a diversidade genética potencializa a curiosidade inata do aluno a entender e apreciar o que faz. A educação customizada pode ser iniciada pelos pais e continuada na escola onde o professor cuida de cada aluno com a percepção de sua aptidão prioritária no aconchego do coração. A educação com base no conhecimento da diversidade genética sustenta a igualdade de oportunidade numa sociedade democrática.

O respeito à diversidade incentiva a curiosidade do aluno em busca de autonomia de aprendizagem e desenvolvimento da mente criativa. A diversidade é a maior riqueza de uma nação civilizada.

Pelos motivos citados, os últimos capítulos deste livro explicam por que o fenômeno demanda igualdade de oportunidades em âmbito de convivência na democracia.



BIBLIOGRAFIA

BUSHMAN, Frederic. *Lateral DNA Transfer. Mechanisms and consequences.* New York: Cold Spring Harbor Press, 2002.

DARWIN, Charles. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection.* London: John Murray, 1859.

DARWIN, Charles. *The Autobiography.* New York: Editor Harry Schumann, 1855.

DARWIN, Charles. *Journal of Research into the Natural History and Geology.* London: John Murray, 1890.

DAVID, Depew & WEBER, Bruce. *Systems Dynamics and the Genealogy of Natural Selection.* Darwinism Evolving. Massachusetts: The MIT Press, 1987.

DOBZANSKY, Theodosyus. H., Ayala F. J., Stebbins G. L., & Valentine J. W. *Evolution.* San Francisco, CA: Freeman, 1997.

HUXLEY, Thomas. *Evolution and Ethics.* 2nd. Edition. Princeton University Press, 2014.

KIMURA, Motoo. *The Neutral Theory of Molecular Evolution.* Cambridge University Press, 2005.

KLEIN, Jan; TAKAHATA, Naoyuki. *Where do we come from? The molecular evidence for human descent*. Berlin: Springer-Verlag, 2020.

LAMARCK, Jean-Baptiste. *Filosofia Zoológica*. Paris: Editora Muséum National d'Histoire Naturelle, 1809.

MAYR, Ernst. *Evolution and the Diversity of Life*. The Belknap Press of Harvard University, 1994.

MAYR, Ernst. *O que é Evolução?* Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

MENDEL, Gregor. *Experiments in Plant Hybridization*. Editora Cossimo Classics, 1865.

LEWONTIN, Richard. *A Tripla Hélice*. Gene, Organismos e Ambiente. Rio de Janeiro: Companhia das Letras, 2002.

LEWONTIN, Richard. *It aint necessarily so*. São Paulo: Arena Books, 2000.

LOMBORG, Bjorg. *The Skeptical Environmentalist*. Measuring the Real State of the World. Cambridge University Press, 2001.

MARGULIS, Lynn & SAGAN, Dorion. *Microcosmo*. Four billion years of microbial Evolution. Berkeley e Los Angeles: University of California Press, 1986.

MARGULIS, Lynn. *Cinco reinos: um guia ilustrado dos filós da vida na Terra*. Editora Guanabara/Koogan, 2001.

MARGULIS, Lynn. *O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução*. Rocco, 2001.

MARGULIS, Lynn & SAGAN, Dorion. *O que é vida?* Editora Jorge Zahar, 2002.

MARGULIS, Lynn & SAGAN, Dorion. *O que é sexo?* Editora Jorge Zahar, 2002.

MAYR, E.; PROVINE, William B. *Evolutionary Synthesis: perspectives on the unification of Biology*. Harvard University Press, 1998.

STANISLAW, Lem. *Nova Cosmosgonia e Outros Ensaio*s. Tradução, introdução e posfácio de Henryk Siewierski. São Paulo: Perspectiva Ltda., 2019.

WATSON, James D.; BERRY, Andrew. *DNA: The Secret of Life*. Random House, 2003.

ANEXO I

Termos técnicos

- Alelo: formas alternativas de determinado gene que ocupa o mesmo *locus* em cromossomos homólogos.
- Biosfera: é o imenso palco em que, ao longo de bilhões de anos, as constantes explosões e cataclismas liberaram energia imensurável irradiada pelas estrelas e pelos átomos já existentes.
- Código genético: programação aberta de leitura das sequências de nucleotídeos do genoma de cada indivíduo, jamais repetido. O código genético gera a imensa diversidade observada em cada indivíduo de cada espécie dos seres vivos.
- Deriva genética: processo randômico que afeta as frequências de genes de uma população local e as diversidades de fenótipos.
- Diversidade genética: espectro de variação genética em população de indivíduos de cada espécie decorrente de programação aberta do código genético com variações aleatórias de nucleotídeos nas sequências de DNA.
- Enzimas: proteínas com atividade catalítica devido ao sítio ativo de aminoácidos em todos os seres vivos.
- Epigamia: seleção randômica do parceiro sexual que implica em preferência e escolha dos gametas.

- Epistasia: interação entre genes em que o alelo de um gene anula a ação de outros.
- Evolução molecular: desenvolvimento de novos códigos com programas de informação que diversificam os mecanismos de fenômenos naturais.
- Fenótipo: produto da seleção natural pela interação de todos entre si e com a ambiência poligênica, quando o DNA orienta a síntese de proteínas que formatam o fenótipo.
- Filogênese: relação evolutiva entre grupos de organismos evidenciada pelo sequenciamento do DNA que revela a história genealógica de uma espécie e destaca seus ancestrais e descendentes.
- Genética de população: área da genética sistemática que estuda as populações de seres vivos em seus ecossistemas e avalia as variações fenotípicas pelas mudanças nas frequências de genes.
- Genoma: total de nucleotídeos nas sequências de DNA contido no núcleo de células germinativas haploides com 23 cromossomos, e de células somáticas diploides com 23 pares de cromossomos.
- Genótipo: todo o DNA que confere as características hereditárias de cada ser vivo. No genótipo se encontra o código genético de programação aberta que confere diversidade e individualidade.
- Indivíduo: todo ser vivo que tem código genético desenvolvido em seguida à fertilização. O código genético de cada indivíduo jamais é repetido.
- *Locus* (plural *loci*): posição que o gene ocupa no cromossomo.
- Mecanismos de isolamento: barreiras físicas que separam as espécies e promovem separação e cruzamento entre os da mesma espécie e especiação com diversidade e heterose social.

- Mutação: modificação aleatória do DNA genômico, resultante da transferência de sequências de DNA de microrganismos protistas para os seres vivos, herdada pela reprodução sexual.
- Novos genótipos: evento evolutivo natural resultantes de mutação, recombinação e fertilização randômica.
- Ontogênese: o processo evolutivo com a informa o programada no código genético. A ontogênese é o processo de desenvolvimento da filogênese.
- Pátina Planetária ou Biosfera: cobertura de matéria orgânica de 10 km de espessura onde vicejam os microrganismos na Terra.
- Pleiotropia: conjunto de múltiplos efeitos de um gene.
- Reprodução sexual: É a transferência de DNA entre indivíduos e a subsequente recombinação de genes de mais de uma fonte. A recombinação se faz durante o ato de reprodução pela junção de esperma e óvulo, os gametas do macho e da fêmea. O sexo mais ancestral foi a transferência de DNA entre as bactérias a mais de tr s bilhões de anos atrás. O sexo assegura a diversidade genética de indivíduos da mesma espécie.
- Seleção natural: fenômeno randômico de seleção de indivíduos melhor adaptados em consequência das mudanç as físicas e bióticas.
- Variação geográfica: interpretação seletiva de pequenas diferenç as de população local associadas a diferenç as ambientais.



ANEXO II

CORDEL DA EVOLUÇÃO

1º Ato: Cosmo

Escuridão, firmamento rasgado

Elemento roxo rajado

Átomo singular fissurado

Supernova particulada infinita

Nuvem, poeira tingida

Hidrogênio nascente

Partículas subjacentes

Fusão, fissão, explosão

Gigantesca bola de fogo

Cenário roxo-vermelho

Iluminada Supernova derretia

Fogo da matéria expandida

Milhares de graus, emanação sulfurosa

Explosão atômica *big-bang*

Espaço sideral, escuridão

Atividade extinção

Baixa temperatura

Matéria, velocidade, energia

Átomo fissurado

Nêutron, próton, elétron

Partículas organizam a vida

O firmamento exhibia
Átomos, neotenia
Matéria condensada
Meteoritos flutuam
Onda de cores frias
Brilho particulado de estrelas
Imaginação, detalhes, centelhas

Hibernação pefanerozoica
Resfriamento do cosmos
Química probiótica
Placas de água quente
No centro da Terra
Hidrogênio, carbono, oxigênio
Moléculas primevas, começo da vida.

2º Ato: Microcosmo

Tempo e espaço inexistem
Abstrações da mente humana
Átomos, moléculas, organização
Hidrogênio, oxigênio, carbono, reação
Moléculas orgânicas flutuam no mar
Datação pelo átomo de carbono
4,5 bilhões de anos atrás.

Sol irradia luz
Elementos leves flutuam
Associam nitrogênio e enxofre
Gases formam compostos
Nutrientes orgânicos
A vida deu a partida
Éon Arqueano emana sulfetos

Átomos de seis elementos
Denominador comum
No corpo de seres vivos
Similaridades reconhecidas
Novas moléculas orgânicas
Bases nitrogenadas, aminoácidos
Complexidade crescente

Vida probiótica
Mistura de gases
Atmosfera primeva
Vácuo, descarga elétrica
No tubo de ensaio caem
Vinte aminoácidos
Triptofano, endorfina da alegria

Incredulidade persiste
Vida probiótica inexistente
Onipotência vencida
Célula jamais produzida *in vitro*
Limite na escala da vida
Efemeridade *Homo sapiens*
Coíbe sua arrogância

O mar, manjedoura química
Luz, hiper ciclos, autocatálise
Lipídios e proteínas coacervados
RNA auto replicável
Infecção
Complexa partícula viral
Época prefanerozoica

Vírus, ATP, energia
Membrana lipídica,
DNA dupla fita, código genético
Síntese de proteínas, fenótipo
Carboidratos, lipídios nutrientes
Bactéria: autotrofia e autonomia
Organização, memória, sobrevivência

Bactéria, Reino procariota
Albergue de vírus
Transferência de DNA
Sexo promíscuo
Células filhas, DNA viral
Flutuante no citoplasma
Éon Proterozoico, 1.9 bilhão de anos atrás.

Revolução cósmica
Membrana em DNA nuclear
Novos Reinos: protozoários e fungos
Microrganismos protistas.
Bactérias, fungos e protozoários
Transformam Pátina Planetária
Biosfera, crosta e atmosfera.

Em dez mil metros da crosta
Manto de microrganismos
Fabrica processos químicos.
Nutrientes essenciais
Fermentação, fotossíntese
Respiração oxidativa
Sustenta a vida.

Aliança simbiótica
Mitocôndria bacteriana
Célula protista
Vida dentro da vida
Respiração, fábrica de energia
Base nitrogenada, oxigênio e fósforo
Via metabólica de ATP

Simbiose, compartilhamento
Hélice propelente, mobilidade
Protistas flagelados
Microtúbulos organizados
Espermatozoides ágeis
Limpeza da garganta
Neurônios comunicativos

3º Ato: Microrganismo

Evolução bioquímica
Nucleotídeos, carboxila, açúcares
Moléculas autorreplicáveis
DNA, RNA, código genético
Recombinações aleatórias
Ribossomos citoplasmáticos
Diversidade de seres vivos

DNA, macromolécula de cinco Reinos
Adenina-Timina, Citosina-Guanina
Variações aleatórias
Alinhamentos imperfeitos
Informação programada
Milhares de proteínas
Fenótipo e metabolismo.

Sexo biológico fremente
Transfere DNA exógeno
Procariota - eucariota
Mutação passa adiante
Geração a geração
Reprodução sexuada
Diversidade infinita.

Mutações e recombinações
Copiadas e transportadas
Mensagens instantâneas
Leitura precisa
Polimerase, ATP, nucleotídeos
DNA sintético, genes
Cada um tem seu código.

Bactérias iniciam jogo
Regras do código genético
Proteína corrige erro
Marcha e contramarcha
Replicação de DNA
Denominador comum
Na biosfera

Era Fanerozoica, 580 milhões de anos atrás
Bactérias, reprodução luxuriante
Crosta da biosfera
Dez Km de profundidade
Trinta Km acima: Troposfera
Gases emanam nos oceanos
Passado preservado no presente.

4º Ato: Primórdio da Vida

Microorganismo mínimo
DNA, RNA, proteína
Parasita do ambiente
Nutrientes escassos, vida tênue
Inovações, mutações, biotecnologias
Descendente modificados
Diversidade, evolução.

Bactéria dividida a cada 20 minutos
Massa de células em dois dias
Excede humanidade que existe ou existia
Estresse ambiental, mutantes
Variedades aumentam em cada nicho
Respiração oxidativa
Produção de ATP e mais energia.

Nitrogênio, síntese de proteína
Fermentação de açúcares
Dióxido de carbono e ácido láctico
Vinho, cerveja, licores e queijos
ATP decompõe ingredientes
Longe da luz do sol
Na água sombreada de restingas.

Vibrião fermentador
Emite gás sulfuroso
Emanações de pântanos
Porfirinas captam elétrons
Ferro ionizado acumula energia
Hemoglobina leva oxigênio ao corpo
Maratonistas agradecem.

Cianobactérias, algas verde-azuis
Clorofila, pigmento fotossintetizante
Luz solar, capta e combina no dia
Dióxido de carbono e água à noite,
Produz açúcares, libera oxigênio
Mais importante biotecnologia da vida
De cianobactérias para plantas.

Para viver há de movimentar
Hélice rotatória chamado flagelo
Chibata amarrada na base do núcleo
Atravessa membrana, rodopia célula
Carga elétrica de dínamo biológico
Proteína flagelina, espiroquetas e protistas
Acessam nichos nutrientes.

Bactérias promíscuas
Emprestam DNA de seus vizinhos
Sexo biológico permuta sequências,
De vírus recebem kits de DNA
Transferem para outros Reinos
Informação genética compartilhada
Memória de passado primevo

5º Ato: Sexo e transferência de DNA

Autonomia, autotrofia
Aquisição de nutrientes
Bactérias compartilham
Sexo meiótico, bipartição
DNA, RNA coniventes
Crescimento luxuriante
Era Prefanerozoica, bilhões de anos atrás

Sexo biológico
Transfere DNA
Célula hospedeira
Multiplicação recombinada
Ganha informação
DNA e RNA viral
Em animais e plantas

Engenharia genética
Reprodução de espécies
Gametas conjugam
Genes recombinam
Biotecnologia essencial
Namoro pré-histórico
Evolução Éon Proterozoico

Animais e plantas
Genomas modificados
Metabolismo e fenótipo
Adaptação seletiva
Microrganismos protistas
Suingues e agregados
Plasticidade adaptativa

Genes, replicons
DNA viral
Altera, muda de local
Transposons longos e curtos
Enzimas guias de mutação
Enxerta DNA exógeno
Suingue nos cromossomos

Comunidade bacteriana
Aprecia aventura, mutação
Resistência às penicilinas
Estafilos contaminam hospitais.
Espiroqueta da sífilis
Carece de mutação
Cura com antibiótico.

Em cada canto do Planeta
Microrganismos sincronizam
Interações íntimas,
Reciclagem de rejeitos
Purifica água, fertiliza o solo
Produz gases, estabiliza atmosfera
Fungos, plantas, animais.

Procariotas bactérias imortais
Praticam sexo meiótico
Trocas genéticas flexíveis.
Células nucleadas, eucariotas
Mitose liga sexo e morte
Geração após geração
Herança de descendentes.

Bactérias doadoras elaboram
Biotecnologias inextinguíveis
Fazem planeta habitável.
Humanos produzem chorume
Reciclado pelos micróbios
Interações técnicas inteligentes
Compartilhamento de informação.

Micróbios adoecem animais e plantas
 Tuberculose, meningite, sífilis, lepra.
 Pandemias de vírus infectante.
 Com diversidades de códigos genéticos
 Medidas profiláticas protegem a vida.
 A humanidade sobrevive
 Ciência desconhece “impuro ou possuído”.

6º Ato: Aconteceu no Proterozoico

Bactérias fotossintéticas
 Cadeias transportadoras de elétrons
 DNA codifica moléculas de ATP
 Fonte de energia. hidrólise
 Hidrogênio e dióxido de carbono
 Alquimia de algas verde-azuis
 Salto evolutivo da vida na Terra.

No mundo Proterozoico
 Micróbios procariotas
 Fertilizam cada polegada de Terra
 Compostos reciclados na água
 Sistemas metabólicos enzimáticos
 Retiram oxigênio tóxico da atmosfera
 Criação do ecossistema Planetário.

No Éon Proterozoico
 Vulcões fumegantes
 Lagos verde-azuis
 Nuvens de espuma sobre rios
 Colônias de bactérias flutuam
 Chuvas de esporos em água barrenta
 Holocausto de oxigênio

Terra envenenada
Oxigênio tóxico mortal
Corrói metais, contamina ambiente
Bactéria fotossintética reage
Sequestra elétrons de matéria orgânica
Pelas vias metabólicas
Reativa carbono, hidrogênio e enxofre

Micróbios inventores
Cianobactérias fotossintéticas
Captam energia luz do sol
Produzem açúcares
Dióxido de carbono e água
Oxigênio deletado
Hidrogênio sobe ao espaço

7º Ato: No Centro da Terra

Éon Proterozoico
Vulcões fumegantes
Lagos verde-azuis
Nuvens de espuma sobre rios
Colônias de bactérias flutuam
Chuvas de esporos, água barrenta
Holocausto de oxigênio

Interior da Terra
Atividade tectônica, magma
Ouro líquido em montanha
Rochas fumegantes
Água quente no mar
Algas verde-azuis criam oxigênio
O ouro floclula.

Bactéria na falésia
Terra primeva, manto de micróbios
Fotossintéticos verde-azuis
Bactérias hibernadas
Gesso, areia, calcário, matriz orgânica
Saprófitos produzem sulfetos
Dominam paisagem Proterozoica.

Excesso de luz e oxigênio
Holocausto de bactérias
Biotecnologia supera cataclisma
Replicação, síntese DNA, mutação
Sobrevive na profundidade da Terra
Sem oxigênio, reprodução acelerada
No superorganismo, Microcosmo!

Civilização ameaçada
Dióxido de carbono, efeito estufa
Queimada de florestas e combustíveis fósseis
Poluição da atmosfera, ar irrespirável
Alteração climática, prejuízo agrícola
Um nada comparado ao holocausto
Micróbios refazem o que o homem destrói.

No interior da Terra, bactérias respiram
Mitocôndria, respiração oxidativa
Cloroplastos, fotossíntese de carboidratos,
Plantas, espetáculo verde
Novas formas de vida surgem no mar
Nutrientes de matéria *post-mortem*.
Repasto sem juízo de valor.

Florestas tropicais úmidas
Cerrado e caatinga inflamáveis
Microrganismos orquestram ambiência
Gases regulam temperatura
Fotossíntese libera oxigênio no ar
Micróbios inibem catástrofes
Agências precisam saber

Nova unidade de vida
Célula nucleada organizada
Fundamento de cinco Reinos
Mitocôndria, central de energia
Sustenta vida no chão, na água, na atmosfera
Produz alucinógeno para sua própria defesa.
Forças hostis de jogos eônicos.

Bactérias fotossintéticas
Cadeias de elétrons
DNA codifica moléculas de ATP
Fonte de energia processa hidrólise
Hidrogênio junta ao dióxido de carbono
Alquimia de algas verde-azuis
Salto evolutivo da vida

8º Ato: Novas Células

Éon Proterozoico, 1.9 bilhão de anos atrás
Eucariotas, membrana dupla
Aurora de células nucleadas
Acontecimento evolutivo primordial
Pareia cromossomos
Envelopados no núcleo.
Inaugura Reino Protozoa.

Nas células nucleadas
Membranas concentram
Trinta mil genes
Sequências repetitivas de vírus
Ligação de proteínas
Sinais de comunicação
Herança de bactérias

Algas verde-azuis, clorofila
Células nucleadas de plantas
Centrais de energia
Plastídios fotossintéticos
Mitocôndria, respiração oxidativa
Divisão, autonomia, autotrofia
Sistema biológico unificado

Passo evolutivo gigante
Procariotas a eucariotas
Concentra DNA emprestado de vírus
Mutações, recombinações, adaptação
Ligações simbióticas multicelulares
Sistemas metabólicos compartilhados
Comunidades autônomas

Somos eucariotas
Células nucleadas
Evolução bacteriana
DNA e RNA viral
Microtúbulos de espiroquetas
Pulsam no cérebro de seres vivos
Evolução em milhões de anos

Inevitabilidade evolucionária
Cooperação ao invés de competição
Os mais frágeis sobrevivem
Mais fortes nem sempre estabelecem
Comunidade, simbiose
Benefício de cooperação,
Associação, solidariedade.

Células nucleadas
Impressões digitais
Citocromo, crista mitocondrial
Plastídio, clorofila
Flagelos, microtúbulos
Comunidade citoplasmática
Organelas, instrumentam a vida.

9º Ato: A vida em comunidade

Célula procariota: membrana citoplasmática
Mitocôndria, microtúbulos e ribossomos flutuam
Fitos de DNA e oito mil genes.
Célula eucariota: membrana dupla permeável
Ribossomos, mitocôndria, microtúbulo, calcisoma
DNA em vinte e três pares de cromossomas
Membrana fenestrada.

Célula somática eucariota
Trinta mil genes nos cromossomos
Dez mil genes codificam proteínas
Trezentos bilhões de nucleotídeos
Três quartos de origem viral
Elementos repetidos curtos: SINES
Elementos repetidos longos: LINES

Mitocôndria simbiótica, autônoma
Membrana dupla de lipídios e proteínas
Energia abundante
Respiração oxidativa, ar atmosférico
Vias metabólicas de bactérias
Biotecnologias doadas aos cinco Reinos
Animais e plantas respiram e elaboram.

Microorganismos fermentam
Com energia de gases metano e sulfuroso
Respiram e oxidam metais
Ferro e manganês removidos do ambiente
Ligam hidrogênio e oxigênio formam água
Mais energia com rodopsina púrpura
Biotecnologia usada pelas células da retina

Bactérias reciclam resíduos de plantas e animais
Respiração oxidativa
Reciclagem de moléculas orgânicas
Respiração aeróbica, cadeias de elétrons
Dínamo de ATP, central de energia
DNA em ação, ribossomos, proteínas
Síntese e transferência de macromoléculas

Cianobactérias invadiram plantas
Clorofila, pigmento resistente à digestão
Nos últimos 144 milhões de anos
Proclorão em recifes de corais
Plastídios vermelho, verde-azuis
Nutrientes açucarados, descartam poluentes
À noite sequestra gás carbônico, devolve oxigênio
ao dia.

10º Ato: O Cérebro Pulsátil

Tudo mexe no citoplasma
Atividade pulsátil, vias de trânsito
Síntese e duplicação de organelas
Sistema de transporte de energia
Microtúbulos relaxam e contraem
Fusão simbiótica espiroquetas flageladas
Hélices propelentes undulipódios

Células protistas flageladas
Agitam meios fluidos e toda comunidade
Movimento de flagelos em vias de trânsito
Cílios em narinas e gargantas, gatos e ratos.
Estrutura tubular 9+2, hélice, revolução
Similaridade na cauda do espermatozoide
Árvore respiratória e antena de lagosta.

Espiroquetas saprófitos reciclam resíduos
Flagelo, cinetossoma, base do núcleo
Proteínas tubulina e flagelina ligantes.
Células somáticas e germinativas
Divisão e pareamento de cromossomos
Fusos cromáticos de proteínas
Neurônios e células somáticas

Quebra cabeça de funções alternativas
Movimenta divisão, diferencia nervos
Vias mágicas de microtúbulos.
Sem planejamento a fome explica
Juntados pelos nutrientes
Estrutura tubular 9+2
De protista para as células vivas

Espetáculo microtubular
Nos gônios de testículo e ovário
Ritual de meiose, separação de pares
Liga cada cromossomo pelo cinetócoro
Viagem aos polos opostos
Em cada polo uma célula germinativa
Fecundação: gametas do pai e da mãe.

Pares de cromossomos, DNA empacotado
Diversidade, flexibilidade, imprevisibilidade
Herança aleatória, sobrevivência
Epigenética diferencia embrião
Código genético customizado
Escolha epigâmica de parceiro sexual
Individualidade: cada um tem sua história.

Centelha de luz nos olhos
Vias de trânsito no cérebro
Mensagem eletroquímica
Axônios, dendritos: microtúbulos
Afã de espiroquetas primevas
Linhas de transmissão
Sinapses, axônio, dendritos, neurônio.

Ambiente interno do cérebro
Torre biótica envia e recebe sinal
Microtúbulo contrai, movimenta
Veicula o pensamento
Elétron entidade física
Campo magnético exposto
Comunicação.

Em pares de cromossomos
Sequências de bases repetitivas
LINES, SINES, DNA viral
Em transposons, curvaturas e alças
Enzimas ligam proteínas ionizadas
Torres bióticas sinalizam
Linguagem biológica, interlocução

Ela fala, você escuta
Via partículas energizadas, ondas sonoras
Elétrons e prótons migrantes
Direções opostas
Receptoras e emissoras
Em dois cérebros e terceiros à distância
Torres bióticas de neurônios.

Campos magnéticos diferenciados
Seleção neuronal carga-específica
Fluxo de partículas ionizadas
Em substância gordurosa do cérebro
Sinais, frequências moduladas
Alcançam distâncias imprevisíveis
Instantaneamente!

Neurônio, supercomputador, alcance cósmico
Processador em tempo real
Mutirão de redes bióticas
Sinais de imaginação
Além do espaço e tempo
Pensamento, ideia, conhecimento
Transmissores bióticos, elétrons particulados.

Cérebro, herança de espiroquetas
 Linguagem biológica versátil, flexível
 Bilhões de anos de evolução natural
 Físico-química de partículas atômicas
 Integradas pelas tubulinas e RNA catalizador
 Redes hormonais, neurônios autorreguláveis
 Fenômeno coletivo de íons protagonistas.

Abismo evolutivo entre bactéria e cérebro
 Biotecnologia pré-histórica de microrganismos
 Comunicação sideral e emoção
 Não alcançada pela tecnologia artificial
 Sinais imaginação, esclarece
 Ativa pensamentos
 Além do presente, abstração e futuro!

11º Ato: Dilema do sexo

Éon Arqueano, três bilhões de anos atrás
 Revolução biotecnológica
 Bactérias transferem DNA entre si
 Dividem sem copulação: meiose
 Sexo livre entre protistas
 Separação de cromossomos
 Pareamento aleatório, diversidade

Vírus injeta DNA funcional
 Infecção natural
 Variação simbiótica
 Inovação, organização
 Proteção contra intempéries
 Via sexo, solução simples
 Misturam genes, evita holocausto

Seleção epigâmica parental
Cromossomos separados nos gônios
Conjugação, deriva genética
Diversidade genética ilimitada
Coevolução de hábitos heterodoxos
Proteção em ocasiões hostis
Biotecnologia natural irreversível

Meiose justificada
Reprodução sexuada
Biotecnologia sem volta
Evolução de hábitos heterodoxos
Reduz número de cromossomas
Diversidade genética ilimitada
Proteção na adversidade.

Sexo de animais e plantas
Esperma e óvulo conjugam
Reprodução sexuada restaura o total
Células somáticas multiplicam
Genótipo e fenótipo definem espécies
Meiose repetida, herança dividida
Gametas renovam programação

Ato 12º: Aurora de precursores de animais e plantas

Trichoplax adherens, metazoário Placozoa
Primórdio da evolução animal
Simbiose de micróbios, espiroquetas
Ameba adquire microtúbulos
Amontoado de células
Reprodução sexuada rastejante
Falta-lhe cabeça, diz o nome.

Saga microbiana
Protistas aglomerados
Améba, fungos, esponjas vermelhas
Etapa evolutiva espetacular
Bactéria, protozoário, fungo, planta, animal
Reinos, comunicação, células
Conexões septadas, poros, desmossomos

Volvocinas gelatinosas, *Gonium sociale*
Vida marinha pós-extinção
Cataclisma, fuga de esporos
Colônias de gônios
Reprodução assexuada
Centenas de milhões de anos atrás
Células filhas agregam: colônia Volvox.

Algas propulsionam evolução
Excesso de luz, escassez de água
Reserva citoplasmática
Musgo verde primitivo se multiplica
Plantas aguam a Terra
Cianobactérias eliminam oxigênio
Síntese de lignina, casca dura, semente.

Celulose, fibra em planta de lei
Força e flexibilidade
Redes vascularizadas
Transporte de nutrientes
Extremidades galhos e folhas
Dois pares de cada cromossomo
Programação, organização

Bactérias transformam microcosmo
Virtuosas, infiltram na Terra
Lignina e celulose, plantas
Simbiose: bactérias, algas verde-azuis, fungos
Planta dependente,
Adere às raízes absorve água do solo
Parceria inextrincável, dominante.

Peixes com mandíbulas,
Plantas vascularizadas, insetos, na Terra
Sementes germinam, embrião protegido
Samambaias gigantes crescem
Períodos carbonífero e permiano
345-245 milhões de anos atrás
Insetos, moluscos, dinossauros: esplendor
dos Trópicos.

Samambaias suplantadas pelas coníferas
Dieta de dinossauros
Adaptação ao frio glacial
Angiospermas, plantas floridas
Espalham-se
123 milhões de anos atrás
Cloroplasto, fotossíntese, paisagem.

Buquê de flores dedicado ao amor
Bioquímica pirrólica evolutiva
Orquídea exofítica capta nutrientes do ar
Água, dióxido de carbono, metano, nitrogênio
Enzimas, íons metálicos: ferro vermelho, magnésio
verde
pigmentos multicoloridos
Beleza variegada.

Plantas angiospermas florescem
Em néctar adocicado insetos refestelam
Contribuem: polinização, reprodução sexuada
Pássaros e mamíferos devoram
Frutos, sementes, folhas, inflorescências
Saga de crescimento
Angiospermas defensivas, alucinógenos

Mamíferos devoradores
Cooperativas de evolução
Disseminadores de sementes
Resistentes à digestão
Estratégia global de dispersão
Mudas clonadas, transportadas
Bananeira, laranjeira.

Marsupiais, ovíparos de sangue quente
Come semente, digere casca dura
Angiospermas germinam
Biotecnologia cósmica,
Inteligência e estratégia fotossintética
Micróbio, cloroplasto, microtúbulo, mitocôndria
Cooperação, sucesso de plantas e animais.

Em fóssil cambriano
Espécies marinhas extintas
Navegadores teriam visto
Seres gigantes secando na praia
Evolução de sistemas orgânicos
Carapaças resistem à dessecação
Pouco oxigênio na água.

Na Terra completam ciclo de vida
Peixes, moluscos, caracóis, anelídeos
Fendas brânquias, origem no mar
Filo *Chordata*, vertebrados sobreviventes
Artrópodes, anfíbios, répteis, aves, mamíferos
Submersos na água ou na Terra
Origem de criaturas de quatro pernas.

Criação essencial, origem aquática da fertilização
Ancestrais marinhos, vertebrados terrenos
Biotecnologia da vida
Óvulo e esperma encontram-se em fluídos
Romance em meio aquoso
Blástula e embrião em líquido amniótico
Eletrólitos iguais no mar e no sangue.

Cálcio em solução citoplasmática
Dióxido de carbono, carbonato de cálcio
Absorvido pelas células do embrião
Ativa microtúbulos e proteínas contráteis
Células viram músculos e cérebro
Transporte de elétrons, mensagens
Comunicação e pensamento.

Vermes aquáticos, esponjas,
Thermoplasma metaboliza cálcio
Usa ATP, círculo virtuoso, mais energia
Cálcio, miosina e actina contraem.
Movimenta seres vivos do Reino Animal
Brânquias, traqueia e pulmões.
Refugio, fosfato de cálcio: dentes, ossos, esqueletos.

Éon Fanerozoico, 540 milhões de anos atrás
Microorganismos expandem microcosmo
Pós cataclismas permo-triássicos
Novas formas de vida
Invenções biotecnológicas
Seres vivos, evolução, seleção natural
Descendentes geneticamente modificados.

13º Ato: O homem

Hominídeos fósseis
Designações variadas
Ordem Primata, Família Hominídea.
Parentes próximos
Gorilas, bonobos, chimpanzés
DNA 99% similar
Identidade comum, distintivo.

O homem vai além
Dogma da Terra plana
Fernando Magalhães e embarcados
Partiram de Cádiz, Espanha
Navegou Pacífico no Leste
Alcançou Atlântico no Oeste
Em Sanlucar proclamou: Globo terrestre!

Aristarco de Santos, 350 a.C.
Copérnico e Galileu, Século XVI
Observação e confirmação
Cientistas experimentam, comprovam
Divulgam documentação
Hominoides reclamam, insistem
A Terra é plana!

Ciência iniciada nas ruas
Pensamento leigo coletivo
Avança conhecimento
Incitam perguntas, curiosidade.
Quem somos nós? De onde viemos?
Para onde vamos?
Epistasias, fenômenos evolutivos
Humanidade prossegue.

Espécie humana
Unidade genética
Pool de genes intercambiáveis
Reproduzidos sexuadamente
Seleção epigâmica de parcerias
Meiose, gônios separam cromossomos
Mitose: mistura e replica DNA do pai e da mãe

Homo sapiens, espécie recente
Associação, cooperação de microrganismos
Multicelularidade
Criptoplax, volvocinas
Moluscos, peixes e aves
Marsupiais, preguiça, macacos
Hominídeos, 140 mil anos atrás

Gênero *Homo sapiens* vagueia
Cataclismas, glaciações periódicas
Estreito de Behring, sobreviventes passam
Alcançam Continente Americano
Há 25 mil anos, no litoral
Fósseis de peixes, conchas, estrelas do mar
Macacos anunciaram: — O homem chegou!

Cordel de *Homo sapiens*
Primo próximo de hominídeos
Comunidade de intrusos
13,9 bilhões de anos após *big-bang*.
Elementos químicos incandescentes
Condensados em matéria orgânica
Gases da atmosfera, humanos respiram.

Longeva vida na Terra
Combinação de gases, moléculas orgânicas
Sistemas metabólicos compartilhados
Vírus infectante, DNA primevo
Bactéria, mitocôndria, aerobiose
Cianobactéria, clorofila, fotossíntese
Espiroqueta, microtúbulo, comunicação.

Espécie, grupo de indivíduos
Unidade genética
Oito mil espécies de pássaros
Quinhentas milhões espécies vegetais
Um bilhão de espécies animais
Peixes, répteis, batráquios, primatas,
Homo sapiens: origem microbiana

Hiper ciclos de vida
Sapientes, biotecnologias primordiais
Permuta genes, aumenta diversidade
Melhoramentos genéticos
Plantas e animais
Milhões de anos atrás
Biosfera interligada não pertence a nós.

Herdeiros esbanjadores
Extinções Permo-Triássicas, há 245 milhões de
anos
Separação de continentes
Período Cretáceo, 66 milhões anos atrás
Plâncton marinho, dinossauros
Extinção pós-choques de meteoritos
Holocausto de seres vivos.

Época Oligoceno,
26 milhões de anos atrás
Nêmesis, atrativa irmã do Sol
Retira cometas de órbita
Atrai, rodopia; choque no sistema solar
Impacto destrutivo, biosfera expia
Micróbios sobrevivem, regenera biosfera.

Cataclismas, extinção seres vivos
Planeta Terra silencia, não morre
Biotecnologias primevas reiniciam
Microrganismos reinventam
Complexidade, matéria orgânica
Novas espécies reproduzem
Fósseis narram o passado

Cordatos, coluna vertebral
Sistema nervoso central
Aquáticos primitivos extintos
Crescem larvas, girinos
Peixes pulmonados respiram
Oxigênio atmosférico
Bexigas, sacos aerados, pulmões

Cobras, lagartos sem perna
 Mandíbula robusta, pele espessa
 Sobrevivem à dessecação
 Ovos grandes, casca resistente
 Âmnio, reserva nutrientes
 Ambiência aquática pregressa
 Ovo de réptil, útero de mamífero

Desenvolvimento embrionário
 Répteis e humanos
 Ovo fertilizado, ambiência aquática
 Mimetismo ambiental
 Pés de lagarto, mãos de humano
 Extremidades, esporões modificados
 Vertebras, coluna, quatro membros.

Consórcio de bactérias, inovação
 Queratina, pele de mamíferos
 Répteis originados de anfíbios
 Linha ancestral direta de humanos
 Descendentes, radiação adaptativa
 Tronco reptiliano de mamíferos
 Herdeiros de espiroquetas flageladas.

Irídio, poeira de meteoritos
 Cretáceo, 100 milhões anos atrás
 Elemento radioativo, apagão prolongado
 Escuridão, freia fotossíntese
 Empilham bactérias, protistas mortos
 Plantas sazonais sobrevivem
 Resplendor, uma nova aurora

No Triássico, a 200 milhões de anos atrás
Mamíferos vagueiam sob a Lua
Fugitivos de calor escaldante
Sistema regula temperatura interna
Penugem, pelos, queratina filamentosa
Proteína resistente de chifres e cascos
Bico de pássaros: evolução convergente.

Répteis fêmeas põem ovos no chão
Mamíferos divergem, traço evolutivo
Ovo fertilizado nutrido no corpo
No calor do útero cresce o embrião
Nasce e suga glândulas de suor
Modificadas, mamas secretam cálcio e leite
Atenção parental de humanos e aves.

Era Cenozoica, 66 milhões de anos atrás
Pequenos primatas pulam
Fogem e comem insetos
Agarrados em árvores com mãos e pés
Pró-símios musaranhos e lêmures
Primatas comem castanhas e gramíneas
Tardiamente, humanos comem carne.

14º Ato: Herança microbiana

Instrumentos replicáveis
Novas funções moleculares
Cálcio, concha, seres marinhos
Esqueleto, locomoção
Espiroqueta, microtúbulos
Cérebro, diferenciação
Garras redundantes.

Inovação seriada
Redundância reprodutiva
Antílope nasce em disparada
Tartaruga não conhece os pais
Chimpanzé nasce de bolha uterina,
Mete a cabeça no mundo
Ereto, independente.

Bebê nasce antes de pronto
Protegido pela mãe
Crescimento prolongado
Engatinha, anda de quatro
Imita fala dos pais
Cresce pelos
Depois anda ereto.

Infante exposto ao mundo
Cultura anciã na Terra Mãe
Sobrevive agarrado ao peito
Não digere lactose
Mutação, epistasia
Produção de lactase
Leite, proteína vital.

Emerge homem primitivo
Nascido antes de pronto
Proteção parental prolongada
Tarefas diferenciadas
Uso das mãos hábeis
Peso do cérebro triplicado
Sociedade organizada.

Nascido antes de pronto
Protegido no colo materno
Período de crescimento prolongado
Engatinha, anda de quatro
Em volta do robe da mãe
Imita linguagem dos pais
Posição bípede tardia.

Macaco prematuro, cabeça pequena
Genética de microrganismos ancestrais
Hábitos infantis, adolescentes
Seleção sexual
Fêmeas, quadris largos, nádegas robustas
Amplio canal do parto
Nasce primata, cérebro grande.

Alças de complementaridade
Inteligência gera inteligência
Primata, gestação precoce
Sem estro, desejo sexual anual
Alteração hormonal, genitália colorida
Homo, desejo sexual fora do estro
Família se deita unida, permanece unida!

Evolução pós-moderna
Quimera, filme de ficção
Altera programação genética
Neotenia, maternal
Salto reprodutivo
Caricatura de evolução artificial
Dependência econômica.

Ato 15º: Salto evolucionário

Triunfo evolucionário
 Antecipação épica do herói
 Emerge tossindo, grita em busca de ar
 Quatro membros, modernidade bípede
 Cabeludo sai da caverna escura
 Mito de desenhos arqueológicos
 Herança microbiana.

Multiplicidade de populações
 Famílias de primatas
 Primo de chimpanzés e orangotangos
 Andar ereto, balança mãos livremente
 Homínides, família Pongídea
 Hominídeos, família Hominídea
 Todos os homínides sobreviventes

Dois tipos de homínides
Neanderthalis, homem macaco
Australopithecus, macaco homem
Homo sapiens sapiens, homem inteligente
Australopithecus extintos
Neanderthalis, substituídos pelos cães de guarda
Homo sapiens e cães alcançaram a América

Três espécies pré-históricas do gênero
Homo erectus, *Homo habilis*, *Homo sapiens*
 O primeiro, escultor de ferramentas de pedra
 O segundo, primeiro a usar o fogo
 Duas subespécies do terceiro
Homo sapiens neanderthalis, *Homo sapiens sapiens*
 Todos extintos, exceto nós duplamente sapiens.

Hominoides, dois milhões de anos atrás
Reconstrução fóssil preservada
Linhagem primata: bonobos, gorilas, chimpanzés
Lucy no céu com diamantes.
Hominídeos, Homo 140 mil anos
Estrutura física, química, facial
Australopithecus afarensis, África Tropical.

16º Ato: Soluções criativas

Pleistoceno, 140 mil anos atrás
Irradiação epidêmica homem primitivo
Distante do lar tropical, frio e neve
Hipopótamos, mastodontes, tigres dente-de-sabre
Calor tropical.
Extinção, frio glacial, neves congelantes
Descendentes do gelo.

Civilização moderna, inteligência animal
Primatas modernos caçam
Vestem pele de leão e gato selvagem.
Estratégia, sobrevivência, competição e guerra
Tecnologia destrutiva, abismo, extinção
Humano, natureza animal perversa
Índole belicista herança homo.

Inventor prático, intenção criativa
Tentativa e erro delineiam caminho
Código genético supera empiricismo
Experiência, conhecimento
Novas soluções criativas
Imitações biotecnológicas
Inovações artificiais.

Homem prematuro
 Tecnológica e inovação
 Ciência, energia nuclear,
 Questão de ética, intelectual.
 Saúde pública reduz mortalidade infantil
 Crescimento populacional
 Empobrecimento, exclusão social.

Ato 17º: Desenvolvimento da linguagem

Linguagem instrumento perigoso
 Lâmina afiada,
 Lasca de pedra pré-histórica
 Antigos caçadores
 Sons diante do perigo
 Grito de alegria na fogueira
 Cheiro de carne de presa abatida.

Festejo, vocabulário primordial
 Laringe primitiva
 Instrumento da fala
 Comunicação salva e ameaça
 Ritual celebra, assassinato e matança
 Sucesso da caçada
 Hieróglifos, ideogramas.

Civilização, linguagem romanceada, alfabeto moderno
 Danças ilustram idade pedra lascada
 Exploração e conquista, novo velho mundo.
 Após 10 mil anos, 240 mil ancestrais
 Se todos estivessem vivos
 Parentes do pai seriam parentes da mãe
 Chineses, ugandenses, poloneses, indistintamente.

Uma só gente
Origem comum a todos
Ancestrais microbianos
Saltos biotecnológicos espetaculares
Fotossíntese há dois bilhões de anos
Fogo há 400 mil anos
Agricultura há 10 mil anos.

Cavernas de Altamira e Lascaux
Caçadores pintores, 40 mil anos atrás
Bestas sem cabeça, corpo bovino
Usam pigmentos de óxido de zinco
Homo sapiens pintores
Humanos enterram seus mortos
História contada pelo artista
Afresco ancestral.

Diferença racial, raiz de subjugação
Cada geração 25 anos, quatro cada século
Após 10 mil anos, 240 mil ancestrais
Se todos estivessem vivos
Parentes do pai seriam parentes da mãe
Chineses, poloneses, ingleses, indistintamente
Uma só gente: ancestrais e ancestrais de ancestrais.

Humano na tribo, dança e poesia
Peso do crânio, 1500 gramas
Parece mais com outro da espécie
Australopitecos afarensis e Homo erectus
Pleistocenos fossilizados
História reconstruída, mandíbula, fenda craniana
Instrumentos de pedra, pinturas, afrescos.

Paleontologistas afirmam
 Distinção de espécies marinhas e animais
 Fósseis de um milhão de anos
 Homem *Neanderthalensis* não deixou descendente
 Reverte história ao *Homo sapiens sapiens*
 Diferenças fenotípicas induzidas pelos hormônios
 Estereótipo do homem moderno.

Imaginada extinção da espécie *Homo sapiens*
 Reconstrução cenário microbiano primevo
 Pátina Planetária, extensão macrocósmica
 Registros fósseis: chupeta biológica percível
 Extinções ou simples devoluções?
 Em placa de Ágar bactérias crescem
 Escassez de nutriente, colapso da colônia.

A origem do homem é comum a todos
 Elementos químicos agregam ancestrais
 microbianos
 Saltos biotecnológicos espetaculares
 Fotossíntese há dois bilhões de anos
 Fogo há 400 mil anos
 Agricultura há 10 mil anos
 Bomba atômica, cataclisma nuclear!

Célula fotovoltaica
 Fissão e fusão de átomos
 Irradiação UV, seca, aquecimento
 Micróbios mudam ambiente
 Recombinação de DNA
 Interação de proteínas
 Memória gravada em ácidos nucleicos.

18º Ato: O Super Cosmo

Bactérias simbióticas,
Macrocosmo, plantas, animais,
Perspectiva de Super Cosmo?
Diferentes bactérias e plantas
Modificados pela evolução,
Humanos, herança protista
Expansão convergente, vida.

Antropoides extintos?
DNA, RNA, enzimas procariotas
Microrganismos, mitocôndria, microtúbulo.
Biotecnologias, pensamento, inteligência,
Gambás noturnos, habilidade manual
Código genético, recolonização
Expansão além da biosfera.

Terceira guerra mundial
Arsenal de bombas atômicas
Satélites, comunicação instantânea
Holocausto de metrópoles
Terra chamuscada
Oceanos ferventes
Raios de sol, evanescentes.

Caput, civilização
Terra arrasada
Biotecnologias anciãs, aleatoriedade
Reconstrução após milhões de anos
Espécies, emergem, reproduzem
Bactérias, fungos, protistas
Ninguém será o mesmo amanhã!

Ato 19º: Futurologia

Espécies, grupos, sociedades
 Comunidade recombinadas
 Bactérias, organelas, protistas nucleados
 Indivíduos, trilhões de células
 Cooperativa de múltiplas espécies
 Sementes viram plantas
 Angiospermas florescem, buquê de amor.

Humanos queimam florestas
 Cerrado vira carvão
 Eucaliptos na Mata Atlântica
 A biodiversidade, bem comum
 Sabemos de onde viemos
 Aprendemos o caminho a seguir
 Aonde vamos em passos firmes

Homo sapiens, transição biológica
 Transferência de DNA
 Protozoário invade genoma humano
 Recombinação, modificação de genes
 Herança vertical, reprodução sexuada
 Seleção natural: código genético enriquece
 Aleatoriedade, imprevisibilidade.

Evolução, seleção natural
 Seleção, ambiente adaptado
 Renasce homem cordato
 Código genético sem juízo de valor
 Vida prossegue sem destino
 Fenômeno vida, complexidade.
 Tecnologias artificiais miniaturizadas.

Microchips de silicone
Milhares de megabites
Máquinas robóticas microprocessadas
Fabricam máquinas
Espaçonave recolhe fragmento de Marte
Computação: decaimento de átomos
Realidade tecnológica virtual.

Mutações e recombinações imprevisíveis
Programa de inteligência artificial
Homo fotossintético, projeto biótico
Cabeça raspada, implante de algas marinhas
Produção endógena, antídoto de heroína
Bactérias autotróficas ajudam a saúde pública
Fenômeno físico-químico gerencia célula germinativa.

Super Cosmo supervisiona humanos
Transcendente cataclisma, inevitável extinção
Fuga de gametas, germinação na biosfera
Seres biônicos, sistema nervoso delicado
Projeto reprodutivo de naves espaciais
Máquinas recapitulam biosfera
A Terra jamais reproduz a si mesma!

20º Ato: Saga da evolução

“Verdadeira” Supernova
Nuvem de elétrons condensados
Variedade de massas, fontes de energia
Imaginada “sensação verdadeira”
Monte de partículas subatômicas
Categorias sensoriais
“Verdades” em subunidades

Perda de amigos, irmão, família
Notícia atravessa oceano
Sem consciência, colapso, desmaio
Fim da energia cerebral
Acidente, dez mortos, sem emoção
Epidemia Covid-19, milhões de mortos
Apagão coletivo, apatia, exaustão.

Vias metabólicas, fortes emoções
Elétrons comunicação por torres bióticas
Neurônios, semelhantes a torres digitais
Efeitos subatômicos
Emoção, desmaio, fim do prazer, do amor
5-Hidroxitriptaminas, moléculas da emoção
Endorfinas bloqueadas pelo apagão.

Estágio avançado
Imaginação alcança outros universos
Abstração de partículas subatômicas
Oceanos desconhecidos
Pequenas ilhas do pensamento
Milhares e milhares de anos
Imperceptíveis ao sensorio.

Central de energia cósmica
Abstração do pensamento
Usurpador, princípio antrópico
Mero cálculo estatístico
Consumido na bolsa da moda em redes
Por quê? Quando?
Valores e átomos somem no ciberespaço.

21º Ato: Orquestra de genes

Somos elo da evolução
Sistemas físico-químicos complexos
Genes mudam de geração a geração
Se adaptam pelos alelos
Heterozigose, população natural
Homozigose, seleção em gaiola
Reprodução sexuada: heterose social.

Mistura de genes, novos fenótipos
Combinação aleatória, fator imigração
Epigamia seleciona gameta
Cruzamento, herança poligênica
Homozigose, perda de vigor
Eugenia, endocruzamento.
Enfraquecimento físico-mental

Fenótipo, seleção poligênica
Caráter, produto de vários genes
Mutações, sinfonia da vida
Poligenia, pleiotropia
Código genético, sequência de DNA
Dominância, em milhões de anos
Cada indivíduo tem sua história.

Moléculas procariotas e eucariotas
Variações em tempo e espaço
Sem prazo de validade
Causa de diversidade orgânica
Está no DNA do código genético
Aberto a alteração, geração após geração
Fenômeno físico-químico complexo.

Evolução e seleção, intercâmbio genético
 Pelas células do ovo fertilizado
 Em cada gene, dois alelos; um do pai, outro da mãe
 Heterose social programada em código genético
 Após bilhões de anos, diferenças customizadas
 Métodos de ensino-aprendizagem
 Programação impressa na mente criativa.

Ovo fertilizado, diversidade do adulto
 Epigenética esculpe vitelo de cada espécie
 DNA e RNA guiam herança poligênica
 Proteínas e enzimas edificam fenótipos
 Movimentos de orquestra sinfônica
 Segue partitura, liga e desliga genes
 Sinalização, instrumentação do corpo.

Programação artificial, hipótese
 Genes, inteligência e beleza
 Tentativa experimental, clonagem de ovelha
 Sai o ovo da trompa uterina,
 Núcleo de gônio aspirado
 Célula murcha retém resíduo proteínicas
 Ducto da mama, núcleo adotado.

Blástula *in vitro*
 Embrião em útero substituto
 Gravidez no tempo certo: – Nasce Dolly.
 Fenótipo de ovelha adulta
 Pedestal da fama, morte precoce
 Fusos cromáticos, telômeros encurtados
 Resíduo de proteína: – Maestro da epigenética.

Ontogênese de indivíduo, exclusividade bioquímica
Sistemas complexos, partículas subatômicas
Impossibilidade de dois indivíduos idênticos
Complexidade genética
Aleatoriedade, especiação, inteligência, vigor
Qualidades inatas: colaboração, associação, solidariedade
Percepções sensoriais customizadas:
ensino-aprendizagem!

Plêiade de macromoléculas associadas
Milhões de células da hierarquia animal
Organelas, glândulas, tecidos, tegumento, cérebro
Cada célula tem código genético aberto
Diferenças no conteúdo da informação
Variação de nucleotídeos na sequência de DNA
Mudanças qualitativas e quantitativas.

Origem da diversidade
Mutações, pedaços de nucleotídeos
DNA transferido entre organismos
Maquinaria endógena de transposição
Herança de vírus infectantes
Enzimas: transcriptase reversa, transposase, integrase
Caronas, embaralhamentos, deriva genética.

Genética molecular
Sofisticação, operação da Natureza
Crescimento genômico, diversidade
Sobrevivência a cataclisma, intempéries
Reprodução sexuada, autotrofia, multicelularidade
Vascularidade, transporte de nutrientes
Evolução pela seleção natural adaptativa.

Diversidade da população humana
 Variações de inteligência, criatividade diferenciada
 Habilidades teóricas e práticas
 A existência antecipada pela mente criativa
 Requer educação em todos os níveis
 Customizada pelos pais, aperfeiçoadas na Escola
 Diversidade, democracia e igualdade
 de oportunidades.

22º Ato: Sem hora marcada

Subpartículas de átomos organizados
 Primeiras moléculas de matéria orgânica
 RNA auto replicável, DNA, proteína
 Bactérias e protistas, autopoiese e autotrofia
 Denominador comum de todos os seres vivos
 Na gosma do caracol, ferrão de inseto, tegumento
 O código genético conduz vias metabólicas.

Evolução molecular em 4,5 bilhões de anos
 Método científico data a evolução
 Pela divergência em macromoléculas
 Análises sequenciais de aminoácidos, proteínas
 Alteração na hemoglobina, em primata e humano
 É a datação da divergência
 Homínides divergiram há 3 milhões de anos.

Filme de poeira em oceanos primevos
 Moléculas formam coacervados na água do mar
 Filme de lipídios e grumos de proteínas
 Coacervados invadidos pelo RNA auto replicável
 Vírus RNA inábil, falta-lhe autopoiese e autotrofia
 Etapa evolutiva de RNA para DNA dupla fita
 Biotecnologias naturais persistentes.

Estágios múltiplos
Na cadeia de evolução, seleção, adaptação
Sistemas intrincados e versáteis
Em procariota, cloroplasto diferencia cianobactéria
Algas verde-azuis, energia fotossintética
Sintetiza açúcares a partir de dióxido de carbono e água
Origem dos seres vivos vegetais.

Moléculas de adenosina trifosfato, ATP
Pega o oxigênio da atmosfera
Energia química pela respiração oxidativa
Em meio líquido, proteínas, lipídios e carboidratos
Processamento físico-químico em bactérias
Autotrofia e autonomia, replicação incessante
Origem dos seres vivos animais.

Natureza mestra da humanidade
Operadora, corretora de imperfeições
Vai além de tudo que existe
Átomos, moléculas, organização de sistemas complexos
Azáfama de construção *Ad eternam*
Mãe Natureza jamais aposentará
Começa tudo de novo cataclismas!

Evolução cibernética
Propriedades físico-químicas
No cérebro de humanos
Cosmogonia psicofísica, animais e plantas
Homo imprudens vaidoso
Bactérias colonizam a Terra a bilhões de anos
Efemeridade humana inovação tecnológica.

Ciência investiga seres vivos
 Processamento metabólico
 Bases físico-químicas de conhecimento
 Antecipam descobrimento novo
 Aleatoriedade sem hora marcada
 Pressa prejudica investigação
 Descola pensamento da mente criativa.

Inventor criador
 Cada insucesso, novo caminho
 Zigue-zague avança no saber
 Intuição, realização, conhecimento
 Diferença no código genético
 Processada em muitas gerações,
 Definição, inovação criativa.

Economia de mercado, pragmatismo
 Define onde carece inovação
 No interesse econômico
 Assunto fundamental, resolve questão
 Observa Amazônia, motivação cultural
 Solução, teoria e prática
 Inovação de interesse social.

23° Ato: Como tudo começou

Leis da Natureza
 Matéria cósmica de universos?
 Limite desconhecido?
 Leis da Pátina Planetária
 Tempo do homem na Terra
 140 mil anos: fração pós *big-bang*
 Conhecimento recente, ínfimo e valioso.

A matéria limita a civilização
Semeadura de bactérias
Altera propriedades físicas do meio
Fenômenos físico-químicos, novos seres
Colônias no tempo de jogos ênicos
Precivilizações de bactérias transformadas
Nutrientes potenciam ficção!

Cosmos, nichos multiformes
Aleatoriedade, diversidade de colônias
Favos civilizatórios, bactérias modificadas
Aproveitamento *post-mortem*
Autotransformação de bactérias
Fenômenos hierarquizados
Jogos ênicos, expansão do cosmos.

Pax cósmica sem cataclisma
Energia impulsiona a galáxia
Vida: por sorte nasce, por sorte morre
Dilema da evolução
Ações cósmicas sem destino
Prejuízo ou proveito sem endereço
Sem final ou começo.

Sem antes ou depois
Proto-homem cantava e deleitava
Sem saber o que era o canto
Pensamento vago
Fome, pensa no feijão
Afogado no tédio
O aluno pede socorro!

24º Ato: *Sapientia natura*

Protagonistas da vida animal e vegetal
 Procariotas, bactérias e cianobactérias
 Captam, processam e eliminam oxigênio
 Sistemas complexos dos seres vivos
 Clorofila e hemoglobina evolutivas
 Aproveitam oxigênio da água e do ar
 Uni e pluricelulares, eucariotas respiram.

Civilização humana pode desaparecer
 Ação de fenômenos cósmicos
 Chuva de meteoros, erupções do sol
 Bolas de fogo, temperatura altíssima
 Casualidade, azar, contingência
 Risco de força indômita
 Fragilidade da vida.

Nanopartículas, macromoléculas
 Deram partida à vida
 Excentricidades, acrobacias
 Balanceamento de estabilidade
 Processamento dinâmico multiplicativo
 Quatro nucleotídeos processam vinte aminoácidos
 Diversidade de cadeias aleatórias: VIDA!

Inteligência criativa, mente inquieta
 Fração valiosa de conhecimento.
 Segredos da vida
 Preconceito, intolerância
 Despreza saber científico
 Freio negacionista, obstáculo
 História abominável.

Natureza indômita, matéria viva
Intelecto humano, conhecimento
Grandes descobertas
Respiração oxidativa assegura a vida
Sequência de nucleotídeos: código genético
Enzimas: definição de fenótipo
Ciência relata e alcança *Sapiência Natura*.

Código genético, manual de construção
Copia a si mesmo
Guia metamorfose de seres vivos
Ovo, larva, crisálida, inseto adulto
Bilhão e meio de animais e plantas
Vigilância, genes operacionais e estruturais
Construção monitorada, homeostasia.

Evolução de código genético, reprodução sexuada
Sequências compartilhadas, geração a geração
Informação do pai e da mãe
Nova linguagem, orquestra da vida,
Instrumentos operam e silenciam
Todos contribuem na *Grand Finale*
Físico-química autoexecutável.

Tecno-civilização sem regulação
Impactos no clima do Planeta
Degradação, desequilíbrio no ambiente
Tecnologia artificial, sem código de ética
Sem conservação da Natureza
Tecnologia artificial perece.
Problema complexo, soluções simples

25° Ato: Somos todos diferentes

Diversidade, *epistasia*.

Um zigoto, gêmeos univitelinos,

Dois indivíduos jamais idênticos

Mutações no período embrionária

Genes modificados, pleiotropia

Diversidade humana, rara beleza

Engenharia genética da natureza.

Parte da população humana não pega Covid-19,

Imunidade inata.

A parte que pega tem três grupos

Infecção leve; moderada e grave.

Código genético níveis de imunidade

Diferentes pela diversidade.

Descendentes modificados!

Negacionismo, pandemia Covid-19

Ciência investiga

Responde com vacinas

Imunização protege cidadão

Resolve impasse de vida ou morte

Inteligência, atributo do pensamento

Diversidade, criatividade.

Aptidão individual

Aprendizagem customizada

Cultura, ética, igualdade de oportunidade

Educação evolui

Mente criativa desperta

Investiga mistério da vida

Tulipa negra, raça é distinção.

Imagem, memória, vê, pensa e sente
Processamento dos neurônios
Bilhões deles, gordura, proteínas e água
Líquido cefalorraquidiano
Meninges e crânio
Muitas vezes maior que o cérebro do leão
Consome 20% de oxigênio no corpo.

Ácido principal gordura do cérebro
Fosfolípídio, membrana neuronal
Elétrons em solução gordurosa
Átomo, redução e oxidação, energia
Oxida, perde elétron; reduz, ganha elétron.
Perde-ganha, corrente elétrica
Matéria conserva energia.

Proteínas em cromátides de neurônios
Elétrons transitam
Hemoglobina, átomos de ferro, oxigênio
Estimula torre de sinalização
Aprendizado atrativo; fenômenos físicos, controle genético
Fatores de estímulo ao pensamento
Programação aberta: diversidade.

26º Ato: Seleção epigâmica

Seleção natural, evolução
Escolha de parceiro, seleção de gameta
Mutações, recombinação, fenótipos diferentes
Tecnologias de microrganismos
Transporte de partículas subatômicas
Sistema, soma fatores isolados
Sistemas biológicos complexos.

Diversidade genética, sequência de DNA
Diferenciação de fenótipos, controle de enzimas
Organização de seres vivos: subpartículas, átomos
Micromoléculas, macromoléculas, células, tecidos,
Órgãos, sistemas, indivíduos.
Famílias, populações, espécies.
Seleção epigâmica diversidade aleatória.

Especiação: cruzamento na espécie
Deriva genética, separação de fenótipos
Descendentes em isolamento
Cruzamento de lobos selvagens
400 raças de cães,
Dogue alemão e chihuahua não cruzam
Nova espécie: isolamento e reprodução.

Fenótipos, interação de genes
Fertilização aleatória
Pool de genes homeostasia
Heterozigotos, herança dissemelhante
Consanguíneos, homozigose
Heterozigose, vigor físico e intelectual
Cota de imigração, melhoramento genético.

O ovo se transforma em adulto
Leque de regulação, diferenciação
Meiose nos gônios diferencia gametas
Programa de interação de genes
Ativação de genes
Complexidade, desenvolvimento embrionário
Respostas na epigenética.

Gametas conjugam e formam embrião
Complexidade editada
Traduzida para todas as espécies
Fenômenos se sucedem em cascata
Sinalização de gene diferencia etapa
Liga-desliga avança etapa, cresce
Células do embrião, genoma formatado.

Edição transcrita, compartilhada
Genes codificam proteínas, enzimas esculpem embrião
Liga-desliga sinalizam nova estrutura
Sinal se estingue, outra estrutura aparece
Orquestração tem movimento final
Unicidade, sistema complexo
Diversidade:

27º Ato: É bom pensar

De duas pessoas ouvi três opiniões diferentes
Pessoas falam, emitem elétrons, ondas sonoras
Partículas da audição transportadas aos neurônios
Mensagens formam opinião
Ideias no pensamento
Emoção e sentimento: coração e cérebro.
Elaboração físico-química, neurociência

Hipótese da gênese do pensamento: emoção
Na estrutura do DNA, memória de antepassados
Caracteres cambiantes ao longo da vida
DNA de origem viral, tridimensional, repetitivo
Genes HIV: transcriptase, transposase, integrase
Transposons dentro dos cromossomos
Sítios eletivos de transposição e mutações.

Maquinaria inovadora de enzimas de vírus
 Cópia DNA, transfere para múltiplos sítios
 Modifica programação do código genético
 Moléculas modeladoras
 Recombina, silencia e cria novos genes
 Vírus invasor, arquiteto de genomas
 Transferência pela reprodução.

DNA em locomotiva sobre trilhos
 Vagões, containers de nucleotídeos pareados
 Chassi de carboidrato, engate carboxila
 Células haploides, dois trilhos-cromátides
 23 cromossomos nos vagões
 Células diploides, duas locomotivas, quatro
 cromátides
 46 cromossomos nos vagões sobre trilhos.

Macromoléculas de DNA viajam
 Entrelaçam-se em estruturas tridimensional
 Torres bióticas, diferenças de cargas elétricas
 Mutações em vagões, alças de diversidades
 Ligam proteínas, fluxo de íons
 Potenciais elétricos inestimáveis
 Sinalizações bióticas ideias.

Complexidade de sinais
 Estímulos físicos diferenciados
 Interpretação de imagens, composição de cores
 Profundidade e significado do olhar
 Apreciação de sabores, percepção auditiva
 Energia química antecipa musicalidade
 Apagão físico-químico, fuga de pensamento.

Inteligência e biodiversidade
Neurônios associados
Sinalização acesa na mente de interlocutores
Aprecia beleza, valores da ética e da moral.
Aprendizagem, exercício de atividades associativas
Possibilidade ilimitada de expansão
Autonomia na arte de pensar.

28º Ato: Riqueza da civilização

Programa: evolução das espécies
Genótipo, frequência de genes
DNA retém informação
Genes traduzem proteína
RNA transcreve e edita proteínas
Diferencia fenótipos
Indivíduo: cada um com sua história!

Mutações, variações genéticas
Indivíduo sobrevive, vantagem
Reprodução, frequência maior
Interação de genes, fenótipo alterado
Gene, efeito benéfico ou letal
Regulação da natureza química:
Metilação, histonas ligantes de DNA.

Sistema óptico complexo
Transparências, variações de cores e formas
Complexidade poligênica
Milhares de olhos diferentes
Pais de olhos negros, filhos de olhos verdes
Retina, ação de enzimas, pigmentos
Descendentes de olhos mesclados.

Epigamia assegura heterose social
 Diversidade genética potenciada
 Pais e filhos, entidades distintas
 Herança aleatória, diversidade imensurável
 Filho bem-sucedido, preserva meio ambiente
 Neto embrutecido, próximo ciclo reprodutivo
 Realidades distintas: – Ninguém é média!

Fenótipo, evolução biológica
 Pássaros, sonoridade, natureza indômita
 Orquídeas se alimentam do ar
 Indivíduos reconhecidos visualmente
 Distinção, reconhecimento de raça da espécie
 Escola, inteligências diferenciadas
 Diversidade, riqueza da civilização.

Mundo físico sensório
 Macromoléculas repetidas em súditos e rainhas
 Origem comum dos seres vivos
 Código da vida de programação aberta
 Modificação do nascimento até a morte
 Liberdade nas sociedades de seres vivos
Láos e Demos, regime social de convivência.

Romance de células primevas
 Laicidade e democracia
 Igualdade de oportunidades
 Diálogo resiliente, evolução e seleção natural
 Empatia, alunos e professores
 Amizade, cooperação, associação, solidariedade
 Somos todos diferentes, somamos!

Todos somos diferentes
Ninguém é média
Conte sua história
Simples fruição
Do amor e da paixão
Atributo inexcedível
Em sua mente criativa.

FIM

A Editora UnB é filiada à



Este livro foi composto em Garamond Pro

Nesta obra, a complexidade do conhecimento científico não é obstáculo ao(a) leitor(a) curioso(a), pois tudo que parecia difícil foi explicado com simplicidade para o seu bom entendimento. Ao abordar a evolução das espécies pela seleção natural, uma cadeia maravilhosa de fenômenos de aproximação, associação, colaboração e adaptação de seres vivos traz à tona todo o processo evolutivo de uma forma leve e, ao mesmo tempo, rica em detalhes.

Este livro sumaria as leituras e consultas a cientistas e pensadores ao longo da vida do autor, que dedicou a vida à produção do conhecimento sobre a biologia da evolução e a medicina, a partir de questionamentos ousados e investigação científica intensa.

Os 28 capítulos que compõem *Nossa Origem Subatômica* nasceram de observações documentadas, narradas por cientistas curiosos, mentes privilegiadas que empregaram ao esmero os métodos dedutivo e indutivo para alcançar o estágio do conhecimento atual sobre a teoria da evolução das espécies.

O(A) leitor(a) desta saga das células primevas, em que ciência e poesia deram as mãos, encontra um relato de como e quando as decisões sobre todas as formas da vida foram tomadas. E pode ser que fique surpreendido(a) diante da inimaginável, contada em bilhões de anos, evolução que deu origem a quem somos.

Diante da “magnitude da diversidade biológica representada por um milhão de espécies de animais e meio milhão de plantas”, o autor deste livro da gênese não hesita em colocar os micróbios no topo da hierarquia da vida.

