

O GALHO QUE SOMBREOU A ÁRVORE

SOBRE A EVOLUÇÃO ZOOLOGICA PROGRESSIVA E
O LUGAR DO HOMEM NA NATUREZA

Francis Dov Por

Tradução do inglês: Regina Thompson

RESUMO

Na biologia moderna há uma visão dominante sobre a evolução animal, popularizada por Stephen Jay Gould, que a atribui a uma seqüência de modificações aleatórias, cujos resultados são reembaralhados continuamente por eventos repentinos de extinção em massa, principalmente de origem extraterrestre. O artigo apresenta resumidamente uma teoria alternativa, afirmando a visão de uma evolução progressiva intrínseca do mundo animal canalizada pelas limitações e liberdades definidas pela seleção natural.

Palavras-chave: biologia moderna; teorias da evolução; relação homem/natureza.

SUMMARY

The predominant view within modern biology, popularized by Stephen Jay Gould, explains animal evolution as a random sequence of changes, whose results are constantly reshuffled by sudden occurrences of mass extinction, caused mainly by extra-terrestrial factors. This article summarizes an alternative theory, arguing in favor of a progressive evolution intrinsic to the animal world, channeled by the limitations and freedom determined by natural selection.

Keywords: modern biology; theory of evolution; relations between man and nature.

A biologia moderna está particularmente carente de uma teoria que possa explicar a evolução animal, isto é, a seqüência evolutiva dos organismos animais unicelulares para os multicelulares, seguida do aparecimento de animais com estrutura e comportamento complexos e, recentemente, do surgimento da espécie humana. A visão dominante, quase um dogma, atribui tudo a uma seqüência de modificações aleatórias não-direcionais, com resultados reembaralhados continuamente por eventos repentinos de extinção em massa, principalmente de origem extraterrestre. Essa visão, que alega uma ortodoxia darwiniana exclusiva, é proclamada e popularizada de maneira imponente nos muitos escritos de S. J. Gould¹.

Atualmente, quando a relação entre o homem e o restante da biosfera é de interesse e de importância centrais, revela-se fundamental saber se o homem é um subproduto efêmero, acidental ou até mesmo nocivo ou uma resultante irreversível, lógica e natural da evolução.

(1) Cf. Gould, S. J. *Wonderful life. The Burgess Shale and the nature of history*. Norton, 1989.

Uma teoria alternativa da evolução animal, publicada por extenso², é apresentada a seguir resumidamente e, espero, de maneira mais acessível.

De acordo com a teoria termodinâmica dos sistemas dissipativos abertos, a biosfera opera com uma fonte de energia externa, a energia solar, e um sumidouro térmico aberto, o meio cósmico circundante. Como outros sistemas não equilibrados e nas limitações astronômicas dadas, a biosfera desenvolveu-se muito além do alto nível de entropia original de simplicidade estrutural, na direção de entidades mais complexas.

Trata-se de um processo seletivo e, portanto, limitante³. Ele teve início muito antes da vida, mas definiu seu destino. Muito antes da vida o carbono foi selecionado, assim como a estrutura levogira dos nossos aminoácidos e, conseqüentemente, a estrutura dextrogira dos nossos açúcares. Estes são chamados de "acidentes congelados" por Gell-Mann⁴.

Também no nível bioquímico a seleção natural resultou, há cerca de um bilhão de anos, no surgimento do ineficiente sistema fotossintético existente, o da clorofila A. Desde então, a produção de energia livre por mol (45 kcal) não foi ultrapassada. Apenas pouco mais de 1% da radiação recebida podia ser fixada quimicamente. Nessa mesma época, a eficiência de armazenamento e de troca de energia bioquímica também era fixada nas moléculas de ATP e de NAD, as moedas universais do intercâmbio de energia biológica. Essas constantes bioquímicas de fixação e armazenagem de energia representam duas limitações básicas da evolução biológica.

A evolução sempre procede dessa maneira, que é uma mistura de acaso e determinismo. A primeira fase é a da experimentação de diferentes maneiras aleatórias de solucionar problemas. Depois vem a seleção natural da solução mais eficiente. A solução selecionada torna-se irreversível e canaliza a evolução seguinte numa direção restrita (Lei de Dollo). Por trás da exuberância das formas vivas esconde-se uma canalização e restrição das alternativas⁵. O acaso, no entanto, intervém repetidamente.

As estruturas e caminhos biológicos são selecionados perante as condições ambientais que imperaram na época da experimentação evolutiva. Muitas soluções selecionadas de modo irreversível podem tornar-se anacrônicas diante de novas circunstâncias ambientais. Os organismos com tais características anacrônicas ficam restritos aos refúgios ambientais, à margem da evolução, ou simplesmente são extintos. Os que prevalecem são os que possuem algum grau de liberdade para experimentar futuras situações de seleção.

A mudança ambiental mais importante sofrida pela biosfera durante sua existência foi o aumento gradual na quantidade de irradiação solar à medida que a nossa estrela central avançava em sua evolução estelar. Tem-se mencionado um aumento de radiação de cerca de 30%. Se a biosfera não tivesse sido capaz de se adaptar de maneira adequada, o resultado teria sido uma morte térmica em uma atmosfera superaquecida, similar àquela que ocorre em Vênus, nosso planeta-irmão. Com seus mecanismos bioquímicos básicos de captura e troca de energia irremediavelmente fixados, a biosfera tinha apenas duas dimensões de liberdade: primeiro, expandindo em espaço

(2) Cf. Dov Por, F. *Animal achievement. A unifying theory of zoology*. Balaban Publishers, 1994.

(3) Cf. Blum, H. F. *Time's arrow and evolution*. Princeton University Press, 1955.

(4) Gell-Mann, M. *The quark and the jaguar. Adventures in the simple and the complex*. Freeman and Co., 1997.

(5) Cf. Conway Morris, S. *The crucible of creation. The Burgess Shale and the rise of animals*. Oxford University Press, 1998.

sua tela de captura de energia; segundo, promovendo seus processos de reciclagem.

O primeiro caminho se materializou pelo aumento maciço do carbono fixado biologicamente, resultando em uma extração maciça de dióxido de carbono da atmosfera. Há cerca de 700 milhões de anos a atmosfera continha 350 vezes mais dióxido de carbono do que contém hoje! O efeito-estufa dessa atmosfera foi reduzido gradualmente, contrabalançando o aumento do aquecimento solar direto. O resultado foi que, pelo menos nos últimos 600 milhões de anos, a temperatura global não mudou de maneira significativa e sempre permaneceu numa faixa que permitiu a existência de organismos multicelulares. Com o passar do tempo, estabeleceu-se uma enorme biomassa vegetal global de carbono reduzido, como as montanhas submarinas dos recifes de coral, a biomassa de madeira nas florestas e a acumulação de biomassa fóssil (carvão, petróleo etc.). Esse processo de expansão é com frequência chamado de "esverdeamento do globo".

O segundo caminho foi a aceleração e o refinamento dos processos de reciclagem biológica com a ajuda dos organismos animais. Na presença deles, a reciclagem de carbono tornou-se mais rápida, uma vez que as substâncias orgânicas sintetizadas foram avidamente consumidas e as reservas de nutrientes minerais necessárias para a renovação da fotossíntese continuamente reabastecidas. Nenhuma matéria viva está a salvo do consumo animal e os dejetos mineralizados dos animais estão por toda parte. Os animais são os caixeiros-viajantes da energia e, às vezes, verdadeiras esteiras rolantes dos ecossistemas modernos.

O resultado da redução maciça do carbono atmosférico foi o igualmente impressionante aumento do oxigênio livre no ar. Inicialmente uma desvantagem e um veneno potente para a vida primitiva, o oxigênio tornou-se uma pré-condição para a multicelularidade avançada. A respiração oxigênica e aeróbica dá a produção máxima de energia e resulta na mineralização total dos alimentos. Os animais ativos são consumidores extremos de oxigênio e produtores de dióxido de carbono.

Entre os reinos do mundo biológico, o dos animais contém de longe o maior número de espécies. À primeira vista isso parece um paradoxo. Pelo menos durante os dois primeiros bilhões de anos da era proterozóica, a biosfera existiu sem a presença de animais. Os organismos fotossintéticos, algas azuis e outros unicelulares primitivos produziram ativamente matéria orgânica (os produtores). Para sua atividade, além de luz e água, eles precisavam de minerais nutritivos inorgânicos. As bactérias então decompunham a matéria orgânica produzida (os decompositores) até chegar aos elementos inorgânicos necessários à produção renovada dos sintetizadores. Esse ciclo simples funcionou sozinho durante a maior parte da história da biosfera. Quando os organismos animais surgiram durante os últimos bilhões de anos, tornaram o ciclo mais complexo, ao acrescentar níveis diferentes de consumidores, várias ligações numa cadeia alimentar ou níveis na pirâmide alimentar. A conexão linear simples entre produtores e decompositores foi transformada pelos novos consumidores animais em

complexas teias alimentares. Temos sido ensinados a procurar respostas parcimoniosas. Como explicar esse aparente paradoxo?

Em alguns ambientes marginais, como as poças hipersalinas, nas quais os animais não podem viver, ainda hoje podemos ver como funcionava a biosfera pré-cambriana primitiva. Acolchoados de algas azuis com crescimento lento alternam no tempo e no espaço com acúmulos de bactérias. Os controles e veículos são físicos: salinidade, osmose, luz, temperatura. Pelos padrões modernos, os ecossistemas pré-cambrianos eram sistemas com abastecimento e produção lentos.

Entram os animais. Ao contrário das bactérias e dos fungos, que decompõem apenas organismos mortos, os animais alimentam-se de organismos vivos, matando-os, engolindo-os e digerindo-os sem demora e em grande quantidade. Além disso, os animais são geralmente organismos altamente móveis que detectam suas presas e delas se aproximam transpondo distâncias até então insuperáveis pelos vegetais e pelas bactérias. Alimentar-se de presas vivas inclui todos os objetos de alimentação, de bactérias a plantas, e, é claro, outros animais. Engolir bactérias, comer algas e plantas e dominar outros animais são facetas do mesmo tipo de atividade. Existem tantas espécies animais, em comparação com as plantas, por exemplo, porque elas representam uma profusão de estratégias de alimentação, em lugares diferentes, em momentos diferentes e de órgãos diferentes dos indivíduos da mesma espécie de presa.

A luta darwiniana por sobrevivência e seleção natural ganhou um conteúdo mais rico e dramático com o surgimento dos animais. Até então, os unicelulares e suas colônias morriam senis, por esgotamento alimentar e condições ambientais adversas, e competiam entre si por superposição e "afogamento", sobrevivência diferencial ou antibiose química. Como o próprio crescimento, a morte e a exclusão eram um acontecimento lento. A pressão animal exigiu mecanismos mais eficientes e rápidos de sobrevivência e competição. Grande parte da diversidade de formas e funções vista hoje é constituída de adaptações induzidas pelos predadores. Uma colônia de unicelulares não podia se permitir envelhecer: tinha de manter o crescimento logarítmico para repor as perdas predatórias. De repente, o mundo biológico tornou-se repleto de sistemas de defesa físicos e químicos que se aperfeiçoavam rapidamente, em resposta ao melhor desempenho dos animais predadores. O crescimento rápido, para compensar as perdas e a massa corporal aumentada das presas, tornou-se um meio de defesa muito difundido. A multicelularidade pode ser vista como uma maneira de aumentar o tamanho corporal, reduzir a perda de células e fornecer estruturas protetoras. Os predadores responderam na mesma moeda, com corpos de metazoários maiores e mais integrados. Uma vez alcançada, a multicelularidade não mais foi abandonada. Nenhum dos metazoários de vida independente tem menos de mil células: um "hiato de complexidade" irreversível separa-os dos protozoários unicelulares.

O processo de *feedback* evolutivo aparentemente sem fim que resultou entre a presa e o predador foi apropriadamente chamado por

Vermeij de "escalada"⁶. Com o passar do tempo, ação e reação tornaram-se cada vez mais rápidas e complexas: o dinamismo dos processos de adaptação e seleção aumentou e alcançou as surpreendentes velocidades atuais. Agilidade, cor, som e inúmeras variedades de defesa química e mecânica resultaram dessa escalada. Felizmente, a canalização evolutiva irreversível deixou a esmagadora maioria dos animais incapaz de digerir celulose e lignina por conta própria. Eles têm de emprestar a enzima celulase das bactérias e fungos. A maneira como a biosfera se apresenta hoje depende em grande parte dessa deficiência básica dos organismos animais. Talvez essa tenha sido uma maneira de prevenção contra o superconsumo descontrolado da biomassa vegetal do globo.

Os animais não devem ser vistos unicamente como recicladores da biomassa vegetal. Seu papel como promotores da decomposição bacteriana não pode ser estimado satisfatoriamente. Não é apenas em seus intestinos que abrigam e consomem decompositores de celulose. Eles estão promovendo decomposição, por exemplo, farejando a matéria orgânica morta, principalmente matéria orgânica vegetal dos sedimentos marinhos. Na antiga biosfera, desprovida de atividade animal, quantidades enormes de matéria orgânica morta acabavam enterradas nos sedimentos marinhos anóxicos e perdiam-se para o ciclo do carbono. Os animais escavadores reexpõem essa matéria orgânica para o oxigênio e para a decomposição bacteriana e, é claro, beneficiam-se ao aproveitar as películas nutritivas das bactérias. Essa assim chamada bioturvação dos sedimentos marinhos retorna para a atmosfera grandes quantidades de dióxido de carbono, equilibrando a fixação de carbono pelo mundo vegetal. Esse é um processo importante como salvaguarda contra o esgotamento desenfreado do carbono na atmosfera.

Um dos meios mais freqüentes de escapar da pressão dos predadores sempre foi a colonização de ambientes novos e marginais, fora do alcance daqueles. A evasão temporária dos predadores compensava o custo metabólico extra exigido por um ambiente não familiar. Tanto no passado como em exemplos de recolonização recente, as plantas produtoras são sempre as primeiras a chegar à cena. Mas os consumidores animais sempre as alcançam depois de algum tempo, e o mesmo ciclo de agressão e defesa começa novamente. Depois dos primeiros herbívoros chegam os primeiros predadores e então os predadores desses predadores. Essa sequência repetiu-se inúmeras vezes quando a terra era colonizada, quando as extensões oceânicas arremessavam-se para a vida, quando topos congelados de montanhas e desertos quentes eram conquistados. Pode-se suspeitar que esse jogo de pega-pega sem fim foi um dos veículos da expansão da biosfera das faixas originais de águas rasas para uma cobertura global quase completa.

A mudança para ambientes cada vez mais hostis e o abandono do seio protetor das águas rasas costeiras exigiram um grande número de adaptações: ao ambiente aéreo mecânico menos denso, ao suprimento desigual de nutrientes, à mudança de salinidade, à seca ou à inundação, aos

(6) Vermeij, G. *Evolution and escalation. An ecological history of life*. Princeton University Press, 1987.

extremos imprevisíveis de temperatura, a uma reprodução e uma distribuição mais arriscadas etc. Todos os mecanismos mecânicos, fisiológicos e comportamentais utilizados pelos animais para manter um equilíbrio homeostático em face da imprevisibilidade dos novos ambientes físicos requerem um alto custo de energia. A expansão da biosfera teve de ser paga alcançando-se indivíduos mais complexos e mais "famintos" e uma organização do ecossistema mais eficiente.

Transitando livremente entre os vários ambientes, os animais constituíram-se em comerciantes de energia da biosfera: eles substituíram a troca desajeitada de energia entre as bactérias e as plantas primitivas por uma rede global eficiente para responder às incontáveis demandas locais de energia. Foram os animais que tornaram a biosfera moderna um sistema global entrelaçado. Cada espécie animal representa um novo caminho de suprimento de energia no mapa da biosfera. Quanto mais alto estiver o consumidor animal na teia alimentar, mais móvel e mais alerta sensorialmente estará e mais espaço cobrirá na procura da presa. Com seu corpo perecível e suas excreções minerais, ele liga ecossistemas distantes. Existem inúmeras larvas animais de águas rasas que invadem o mar aberto, minúsculos animais planctônicos que diariamente realizam migrações verticais bidirecionais de centenas de metros, peixes marinhos que migram para os estuários e rios e retornam para o mar, bilhões de mosquitos e outros insetos que surgem das águas, imensos bandos de pássaros migradores que cruzam o globo duas vezes por ano, rebanhos itinerantes de milhares de herbívoros africanos etc. Entre milhões de larvas produzidas por um caranguejo do litoral, uma ou duas viram adultos, enquanto as outras são consumidas em alto-mar. Um pássaro que está se empanturrando de mosquitos-pólvora da tundra num verão ártico deixa sua carcaça na próxima estação para ser decomposta e reciclada nas savanas da África do Sul. Uma enguia que nasceu no Atlântico e cresceu no plâncton oceânico termina em um fosso raso a centenas de quilômetros do mar mais próximo. Há inúmeras histórias como estas.

Embora seja evidente uma evolução gradual de complexidade e desempenho dos organismos animais nos últimos 500 milhões de anos, poucos zoólogos concordarão abertamente que houve alguma evolução progressiva. Para discutir as razões da negação *ex cathedra* de uma realidade tão evidente seria necessário um outro texto. Aqui podemos apenas brevemente definir os dois motivos principais e identificar alguns poucos argumentos dessa negação.

A primeira causa é a visão unidimensional comum da evolução. A seleção natural age em todo lugar e seu resultado é a sobrevivência das espécies. Os meios de sobrevivência adaptada são extremamente variáveis, e nesse sentido tanto uma ameba quanto um cavalo têm sido igualmente bem-sucedidos no jogo da sobrevivência. Dessa maneira "igualitária", o homem conta com a habilidade mental, enquanto o canguru contou com o saltar. Não existiria, portanto, nenhum outro critério de comparação objetivo além da sobrevivência seletiva. O panorama evolutivo dessa linha de pensamento

é uma planície deserta com incontáveis trilhas ramificadas que não levam a lugar algum. Muito antes de o politicamente correto difundir-se, os zoólogos já eram censurados por falar de um animal "superior" *versus* um "inferior".

A segunda causa é a atual desconfiança profunda quanto a qualquer forma de progresso e melhora social. Nós nos sentimos tão próximos do mundo animal que desde os tempos de Plínio até o recente Dawson procuramos nele refletir a nós mesmos e, nesse caso, nosso pessimismo social. Uma evolução direcional e progressiva pode, portanto, ser aceita para os corpos celestes, para a estrutura das moléculas e até mesmo para as plantas, mas não para o mundo dos nossos parentes animais. Carente de uma explicação material aceitável, a evolução progressiva foi com frequência atribuída a um "elã vital" como o de Bergson ou a uma teleologia religiosa idealista como a de Teilhard de Chardin. Essa é mais uma razão para duvidar da evolução animal progressiva. Filho de uma geração mais otimista, o próprio Darwin acreditava numa tendência de melhoria evolutiva. Nossa geração, em contrapartida, é profundamente receosa do progresso humano, embora nossos colegas mais tecnocráticos estejam ocupados procurando melhorar a vida diariamente e em todos os lugares.

No entanto, tendo definido a essência da função animal na biosfera, como fizemos acima, podemos também distinguir de maneira objetiva o funcionamento superior do inferior, livres de qualquer estigma "antropomórfico". A essência da animalidade no contexto da biosfera caracteriza-se por consumo ofensivo de organismos vivos, capacidade sensorial para detectar os recursos alimentares, meios mecânicos de aproximação e domínio da presa, liberdade para se locomover entre ambientes físicos diferentes à procura de alimento. Tudo isso leva a organismos cada vez mais famintos de energia e acelera e refina a reciclagem na biosfera. No mundo animal, mais intensidade energética significa "superior", menos intensidade energética significa "inferior".

A tendência de desenvolver a animalidade de modo progressivo não é universal no reino animal. Não se trata de uma ampla frente na qual cada tipo de animal participa. A universalidade do progresso é com frequência evocada por seus críticos pelo mero prazer de derrubá-la. Nem tampouco o progresso é um processo linear no reino animal, como alegam os críticos, uma corrida de revezamento na qual cada filo entrega a tocha para o outro, uma réplica moderna da clássica "escala de vida" aristotélica. Para usar outro exemplo atlético, o progresso no reino animal assemelha-se mais a uma maratona na qual uma multidão dá a partida e depois, à medida que a maioria dos participantes fica para trás ou vai desistindo, os primeiros colocados terminam correndo em um esplêndido isolamento em uma única fila.

Quem são os corredores e quais são as regras dessa corrida?

Os corredores são as maiores entidades taxonômicas do mundo vivo, os filos. Como pelas regras de uma corrida, a evolução é canalizada pela existência de limitações funcionais e morfológicas irreversíveis. Cada um dos filos animais é caracterizado por um conjunto desses traços irreversíveis específicos. Não conhecemos transições entre os filos, esses tipos morfofisioló-

gicos básicos do reino animal. Ainda não sabemos quando e por que ocorreu essa separação decisiva da vida animal em estruturas básicas diferentes. Estamos empregando o termo "revolução cambriana" para o acontecimento de cerca de 600 milhões de anos atrás, quando esses tipos estruturais surgiram, como parece, repentina e praticamente ao mesmo tempo.

Existem hoje cerca de 35 filos reconhecidos, e no início do período cambriano havia possivelmente um número maior. Inicialmente, cada um dos muitos filos incluía apenas poucas espécies, todas vivendo no ambiente original do mar raso. Após repetidas crises tectônicas, os "eventos de extinção" dos neocatastrofistas, apenas poucos filos resistentes permaneceram predominantes numericamente. Hoje há muito mais espécies animais do que jamais houve, provavelmente cerca de 15 milhões no total, mas quase todas são membros de somente três filos principais — moluscos, artrópodes e vertebrados —, enquanto três outros, os chamados protozoários, platelmintos (vermes planos) e nematódeos (vermes cilíndricos), desenvolveram-se como espécies subservientes dos três filos principais. Os ambientes mais inóspitos, as águas doces e a terra firme, foram colonizados principalmente pelos representantes desses filos resistentes. O grande número de espécies nos filos dominantes reflete a profusão de lugares e modos nos quais e pelos quais se alimentam.

A seleção natural também agiu no âmbito dos filos, uma vez que cada espécie traz as marcas funcionais do filo ao qual pertence. Ainda em seus estágios iniciais de desenvolvimento, muito antes de ser capaz de reagir ao ambiente seletivo, cada espécie já é marcada como pertencendo a um certo tipo animal. O jogo da seleção natural não admite curingas, mas somente cartas que pertencem a uma determinada cor e naipe e cada qual com um número. Cada filo animal tinha seu desempenho evolutivo futuro definido em limites estreitos.

As estrelas-do-mar e seus aliados (equinodermos) desenvolveram uma simetria pentarradial, diferente da simetria bilateral de outros filos, o nosso incluído. Eles nunca conseguiram se livrar dessa pentameria, de modo que sua capacidade de movimento orientado eficiente ficou para sempre prejudicada. Alguns filos vermiformes, como os já mencionados vermes planos, não puderam desenvolver um esqueleto. Eles podem deslizar sobre os substratos e se inserir nos interstícios, mas nenhum verme plano pode forçar sua passagem cavando. O parasitismo foi o caminho deles para o sucesso numérico. Os vermes cilíndricos normalmente podem mover-se somente em um substrato coberto com uma película de água. Nenhum verme cilíndrico jamais foi descoberto vivendo livre no plâncton ou na terra firme. O meio parasita parece ter sido criado para eles.

Existem poucos filos da linhagem marinha inicial que eram capazes de controlar e regular a pressão osmótica de seus fluidos corporais e, portanto, capazes de viver em águas com salinidade diferente, salobras e até águas frescas. A quantidade de energia necessária para a regulação osmótica de um certo volume de líquido corporal tem sido comparada à quantidade necessária para erguer o mesmo volume a vários metros. Muitos

filos e classes têm como característica a incapacidade de osmorregular-se, como por exemplo os corais, os já mencionados equinodermos, os braquiópodos, os cefalópodes (lulas e polvos) e uma dezena de filos menores. Todos esses permaneceram restritos às águas do mar, que são, via de regra, pobres em alimentos (oligotróficas).

Os osmorreguladores, vermes anelídeos, crustáceos, os antecessores das aranhas e dos insetos, os moluscos bivalves, os caracóis e os peixes, eram capazes de colonizar águas frescas e de estuários. Eles podem regular e manter estável a pressão osmótica de seus líquidos corporais apesar das imprevisíveis flutuações de salinidade do novo meio circundante. Essas águas têm alta produtividade biológica, oferecendo abundância de alimento, o que compensa em grande parte a energia consumida na osmorregulação. Foi somente uma questão de tempo para que esses ambientes de salinidade baixa e variável e de alta produtividade fossem invadidos por consumidores famintos e negociantes de energia. Seus vermes, parasitas subservientes, participaram indiretamente da festa.

A capacidade de osmorregular foi uma vantagem de longo prazo. A água do mar tem salinidades e temperaturas locais relativamente estáveis. Mas durante períodos críticos da história tectônica do globo esses parâmetros podiam variar bruscamente e algumas vezes podia haver pouca oferta até mesmo de oxigênio dissolvido. Há cerca de 250 milhões de anos, durante a crise permiana, cerca de 90% da biota marinha foi destruída, quando os oceanos passaram por um colapso ambiental. Os moluscos, os crustáceos e os peixes foram os sobreviventes desse período de crise, ao passo que aqueles incapazes de osmorregular foram extintos ou mal sobreviveram. Hoje os mares são dominados por vertebrados, predadores de topo, como os peixes ósseos e os tubarões, e outros (répteis, aves e mamíferos) que voltaram secundariamente para o mar. Outros filos, tais como as esponjas e os briozoários, ou a classe dos moluscos bivalves, que se alimentam por filtração, ficaram logicamente limitados à vida aquática.

Conquistar a terra firme foi o próximo passo. Há cerca de 400 milhões de anos uma abundante vegetação pantanosa já estava estabelecida lá. A vegetação terrestre logo tornou-se preponderante. Hoje, mais de 99% da biomassa vegetal do globo é produzida em terra. Compreensivelmente, de novo, apenas os animais osmorreguladores podiam colonizar a terra à procura dessa abundância. No início, animais pequenos, vermes e uma variedade de artrópodes pequenos colonizaram os terrenos molhados, sobrevivendo em ambientes úmidos. À medida que as plantas ficaram mais altas, os animais que se alimentavam delas tiveram de lidar com ventos e com a seca.

No ambiente aéreo, um esqueleto se fazia necessário como suporte contra a força da gravidade e também como um sistema eficiente de alavancas para o movimento muscular. Também era necessário para resistir à força do vento. Apenas dois filos entre todos os ancestrais aquáticos tinham tal esqueleto: os artrópodes, com esqueleto externo de quitina, e os vertebrados, com esqueleto interno de fosfato de cálcio. Os moluscos

também têm uma concha calcária externa. Os caracóis terrestres, comprometidos a lentíssimos movimentos deslizantes vermiformes, usam suas conchas como proteção contra inimigos e contra a perda de água, mas não como alavancas.

Com seu número incomensurável de espécies, os artrópodes — insetos, ácaros e aranhas — são os animais terrestres numericamente dominantes. Mas, por mais estranho que isso pareça, os artrópodes também sofrem de algumas limitações evolutivas críticas e irreversíveis. Seu exoesqueleto, semelhante a uma armadura, não é à prova de choque e tem de ser trocado de tempos em tempos para permitir o crescimento. Durante o período de intermuda de pele delicada os artrópodes ficam muito vulneráveis e precisam se esconder. Mesmo na água os crustáceos raramente alcançam tamanhos muito grandes. Essa crise intermuda é especialmente perigosa em terra, quando o corpo "despido" do inseto ou da aranha é exposto também a uma severa perda de líquidos.

O sistema de respiração aérea dos insetos não é centralizado como o nosso, mas funciona através de um grande número de aberturas de respiração independentes. Acima de uma certa massa crítica, o corpo do inseto não pode mais ser abastecido com oxigênio. Ao contrário de nós, os insetos não podem arcar com o débito temporário de oxigênio. Por essas e muitas outras razões, permaneceram limitados em tamanho. Para eles, o pequeno é bonito. Na competição crucial com os vertebrados, o outro filo terrestre bem-sucedido, os insetos evoluíram mais na direção da pequenez protetora. Os antecessores dos insetos terrestres eram muitas vezes maiores do que os atuais, mas os mais recentes — formigas, traças, mosquitos, tisanópteros — sobressaem em miniaturização. Nos vertebrados as tendências evolutivas foram freqüentemente opostas; antecessores pequenos geraram descendentes evolucionais muito grandes: dinossauros, baleias, paquidermes e ursos gigantes de cavernas. Os artrópodes terrestres nunca ocupam posições de topo nas cadeias alimentares. Isso nos deixa com os vertebrados correndo sozinhos na maratona da evolução animal progressiva.

O que exatamente diferenciou os vertebrados das dezenas de outros tipos animais? Com certeza ninguém poderia ter predito isso quando Pikaia, o primeiro antepassado vertebrado, apareceu no mar cambriano. Nisso Gould está certo. Mas essa afirmação é retórica e não vem ao caso. O sucesso dos vertebrados provavelmente reside no fato de que representam um tipo morfofisiológico que possui um conjunto relativamente mínimo de limitações e que está da maneira mais ampla possível adaptável às exigências de uma variedade de ambientes. O revestimento dos nervos por mielina, encontrado nos vertebrados, também garantiu melhor atividade nervosa. Poucos milhões de anos depois de Pikaia, os peixes já eram os principais predadores que jamais existiram nos mares, locomovendo-se e procurando alimentos livremente tanto em água salgada quanto doce. Não muito tempo depois, seus descendentes já se aventuravam em terra.

Pergunta-se com freqüência e acertadamente por que colocamos os vertebrados no centro da discussão, quando há tantas outras espécies nos

outros grupos, principalmente entre os artrópodes. A resposta não é fácil, mas pode ser esboçada. Quando se verifica a "hiperdiversidade" desses grupos, quase sempre fica claro que a maioria das espécies existe em virtude da presença dos vertebrados e da vegetação moderna das plantas floríferas. Entre os protozoários, os vermes planos e os vermes cilíndricos, há muito mais espécies parasitas do que de vida livre. Elas nutrem-se vivendo sobre os corpos dos vertebrados ou em seu interior, compartilhando de seu alimento e explorando sua estabilidade fisiológica. Como regra, cada espécie de vertebrado é utilizada por muitas dezenas de parasitas específicos que dependem dela. O corpo do vertebrado, oferecendo a segurança de um abrigo homeostático, representa um ambiente totalmente novo, um pequeno continente para um grande número de pequenos parasitas. Uma diversidade enorme de carrapatos vive sobre os vertebrados terrestres. Cerca de trezentas espécies de insetos podem depender de uma única espécie de árvore. Entre os insetos existem também ordens inteiras e muitas famílias que são clientes de vertebrados: ectoparasitas, hematófagos, comedores de penas e pêlos, parasitas de ninhos, comedores de estêreo e até mesmo lambedores de lágrimas. A regra entre os insetos é a monofagia: uma espécie, um alimento. Entre os vertebrados, ao contrário, a alimentação é onívora.

Como numa pirâmide alimentar invertida, cada espécie de vertebrado funciona como fornecedor e hospedeiro de uma profusão de espécies clientes, parasitas e parasitas de parasitas. Um segmento grande da biodiversidade global é composto de espécies subservientes. É certo que hoje há muito mais espécies primitivas e de bactérias do que antes, mas longe de ser um argumento contra a evolução progressiva, essa circunstância é o resultado direto das oportunidades abertas para elas por um segmento muito pequeno e muito avançado do mundo animal. Destacam-se nesse segmento os vertebrados.

Os vertebrados terrestres conseguiram manter seu equilíbrio hídrico desenvolvendo uma cobertura de pele impermeável de queratina e produzindo ovos à prova d'água. Essas foram as façanhas dos répteis. Eles passaram a poder percorrer livremente os planaltos, longe dos habitats pantanosos originais de seus antecessores anfíbios, e acompanhar a vegetação dos planaltos que se desenvolveu lá previamente. Nos ambientes continentais mesozóicos quentes, os répteis puderam solucionar também outro problema importante de homeóstase: o de manter uma temperatura corporal alta e ótima.

Todos os processos bioquímicos são acelerados em temperaturas mais altas. Com temperaturas decrescentes tudo diminui de velocidade até cessar. Para um animal ativo, a temperatura alta é um bônus importante a ser buscado. Muitos dos tipos mais avançados de peixes entre os atuns e os tubarões já encontraram meios de preservar parte do calor produzido por suas atividades musculares. No entanto, a capacidade térmica alta do meio aquoso circundante revela-se um refrigerador bastante eficiente. É muito mais fácil aquecer-se no ar. O limite de temperatura corporal alta é

de 40° C, quando as moléculas de proteína começam a se desintegrar. A solução, portanto, foi um estratagema térmico de gerar e preservar o calor obtido da atividade muscular, mantendo-o o mais próximo possível do limite máximo, porém evitando o superaquecimento. Alguns dos insetos mais avançados, em especial as mamangabas, também fazem experiências com temperaturas corporais altas geradas pela atividade muscular. Mas trata-se de uma conquista momentânea: seus corpos pequenos esfriam tão rapidamente quanto esquentam.

Os répteis utilizaram seus enormes corpos dinossáuricos. Uma grande massa corporal, sem isolamento térmico e com atividade muscular suficiente, pode aquecer-se durante um dia ensolarado e ainda preservar calor inercial suficiente durante a noite. Se não houvesse estações realmente frias, um dinossauro podia manter uma atividade razoável durante todo o ano. O clima global, sobretudo durante o ápice dos dinossauros no período cretáceo, foi especialmente amigável para essa estratégia térmica inercial dos dinossauros.

Temperaturas altas e constantes nos intestinos dos répteis grandes promoveram também o estabelecimento de grandes colônias de bactérias que digerem celulose. Essa relação simbiótica permitiu que os répteis consumissem grandes quantidades de celulose vegetal até então indigeríveis. Essa etapa foi marcada por herbívoros terrestres de tamanho gigantesco. O processamento conjunto da biomassa terrestre vegetal pela dupla simbiótica vertebrado + bactérias abriu pela primeira vez um mercado de energia ilimitado para os organismos vertebrados, cada vez mais consumidores de energia.

O episódio climático de longa duração dos climas cretáceos ensolarados e secos chegou ao fim com o início da era cenozóica moderna. Os dinossauros já estavam a caminho da extinção quando um grande asteróide possivelmente trouxe mais destruição. No escuro das densas florestas tropicais e com a tendência geral declinante dos climas mundiais, a estratégia térmica dos dinossauros tornou-se obsoleta. Somente pequenos répteis de "sangue frio" sobreviveram, levando uma vida em que a atividade diurna e/ou vernal alternava com o torpor noturno e/ou hibernai.

Com o resfriamento do globo, chegou a vez dos termorreguladores ativos, isto é, das aves e dos mamíferos homeotérmicos. Eles contaram apenas com o calor produzido pelas funções corporais, sua conservação por uma plumagem ou pêlo isolante térmico e, se necessário, meios ativos controlados para evitar o superaquecimento. Sob as novas condições globais, pássaros e mamíferos teriam predominado mesmo sem a ajuda do asteróide assassino.

Até agora não falamos de comportamento. Esse é um atributo tipicamente animal: a combinação de funções sensoriais, musculares e neurológicas é exclusiva deles. Como regra, os comportamentos padrões são inatos, funções do sistema nervoso transmitidas geneticamente. Nos insetos, por exemplo, cada espécie corresponde a um estereótipo comportamental. Isso também é uma razão a mais que explica a variedade de insetos.

O movimento à procura da presa expõe o organismo animal a uma variedade de ambientes físicos e biológicos e isso exige homeóstase, uma capacidade de amortecer o impacto de ambientes em mudança. Ao mesmo tempo, o comportamento tornou-se também um meio de evitar ambientes hostis. Os peixes migram sazonalmente para águas com temperaturas apropriadas, os répteis e os insetos aquecem-se ao sol, mas escondem-se do superaquecimento, pássaros migradores evitam o inverno etc. Os pássaros e os mamíferos têm também alguns componentes comportamentais em sua termorregulação ativa, tais como o tremor que esquenta ou o resfôlego que resfria. Atos complexos de construção de ninhos e chocagem e o cuidado maternal de amamentação permitem a termorregulação dos filhotes desprotegidos. Aprendizagem, memorização e transmissão de informação complementaram desde então os padrões comportamentais rígidos.

Com algumas exceções, como nas colônias de abelhas, a aprendizagem e a memorização apareceram somente duas vezes durante a evolução animal e estranhamente em dois ramos totalmente separados da evolução: nos moluscos cefalópodes e nos pássaros e mamíferos homeotermos. Os cefalópodes têm cérebros bastante volumosos, uma visão extremamente aguçada e capacidade de aprender e memorizar padrões comportamentais complexos. Considerados o ápice da evolução dos invertebrados, eles superam até mesmo os desempenhos mentais de alguns mamíferos. Não se poderia ter pensado em uma prova melhor de que uma evolução na direção do comportamento avançado é inata ao reino animal e não apenas uma "adaptação" inteiramente acidental de alguns vertebrados superiores. Infelizmente para eles, os cefalópodes têm algumas limitações evolutivas bastante restritivas. Eles não podem osmorregular e estão, portanto, confinados ao ambiente oceânico, pobre em nutrientes. Para manter sua impressionante complexidade corporal, todos os cefalópodes são predadores agressivos. No entanto, seu pigmento sangüíneo transportador de oxigênio é a hemocianina, que contém cobre. Ao contrário da nossa hemoglobina difundida, ela não pode ligar-se às células sangüíneas e tem uma capacidade de carregar quatro vezes menor. Permanece sempre em solução. O sangue dos cefalópodes é concentrado à viscosidade máxima, e seu sistema circulatório aperfeiçoado à mais alta eficiência tem uma pressão arterial altíssima. Tudo isso em vão. Parece que o organismo cefalópode, extenuado até o limite, desgasta-se muito rapidamente. Os polvos maiores e mais "inteligentes" raramente ultrapassam dois anos de vida e reproduzem apenas uma vez nesse curto período de vida. Nada a se aprender dessa experiência única.

A homeotermia foi com certeza o principal fator que possibilitou as funções avançadas dos cérebros dos pássaros e dos mamíferos. Na verdade, o próprio cérebro é um dos importantes órgãos termogênicos. Um meio interno de temperatura estável e ótima permite às células cerebrais acumular experiência pessoal memorizada e assimilar padrões comportamentais aprendidos, passando por cima dos padrões herdados. O aumento

relativo da massa cerebral é uma boa medida geral para a evolução progressiva dos vertebrados. A construção da memória e a troca de experiência com o grupo tornaram-se um novo tipo de transmissão de informação, além da transmissão genética. Os pequenos répteis de sangue frio, como é significativamente sugerido, esquecem durante a letargia das noites frias o que aprenderam durante o dia, sem falar do longo período de hibernação. Talvez os dinossauros fossem mais inteligentes.

O fato de os pássaros e os mamíferos terem alcançado termorregulação ativa de maneiras diferentes e anatomia diversa do desenvolvimento do cérebro vai contra a alegação de que essa visão da evolução é linear e ortogenética. A termorregulação ativa, um processo que exige dez vezes mais alimento do que o exigido por um réptil não termorregulador, abre, como uma compensação justa, a possibilidade de alimentação ativa durante todo o dia e todas as estações do ano. Na verdade, os herbívoros africanos grandes praticamente não param de comer e ruminar.

Estamos chegando ao final da nossa argumentação. Os pássaros têm muitas deficiências relacionadas à sua extrema adaptação ao voo: limitação de tamanho, necessidade de alimentos selecionados, energéticos e leves, ausência da manipulação dos membros dianteiros, homeotermia imperfeita, chocagem de ninhos. O modo diferente pelo qual sua massa cerebral aumenta, no chamado *neo-striatum* para dentro, em vez de acrescentar ao córtex externo, também representa uma possível limitação. Por tudo isso, os pássaros encontram-se num impasse evolutivo, ainda que glorioso.

Entre os mamíferos, os primatas, uma linhagem cretácea ancestral, tinham muitas precondições de produzir o primeiro animal racional: tinham mãos e pés preênses, possuíam uma visão aguçada e colorida, uma coordenação visual-motora especial e viviam em vários tipos de organização grupal. Gould acredita que, se fosse para começar de novo, a evolução animal resultaria em produtos completamente imprevistos e diferentes. Acreditamos que um *replay*, como em "A ilha dos pinguins" de Anatole France, iria muito provavelmente resultar, sob circunstâncias ambientais similares, novamente em um animal terrestre endotérmico pensante, um vertebrado com aparência de primata.

A espécie humana incorpora na forma mais extrema as tendências evolutivas do mundo animal, ou melhor, da vida como tal. O caldeirão humano hidrolisou celulose e preparou para consumo os materiais vegetais mais refratários e venenosos. O homem explorou para suas necessidades o fogo e os produtos de carbono fóssil e usou diretamente o vento, as correntes, a energia solar e atômica. O total de cerca de 10 bilhões de espécimes humanos representa a biomassa mais ampla, mais complexa e mais consumidora de energia jamais produzida.

Para alcançar isso, a espécie humana abateu sem piedade em seus estágios iniciais os mamíferos maiores, seus concorrentes mais óbvios por alimento. Muito cedo, classificou subjetivamente toda a diversidade dos seres vivos em espécies úteis ou nocivas. Por meio da domesticação, o homem selecionou umas poucas dezenas de animais e umas poucas

centenas de espécies de plantas e as transformou em aliados subservientes. Juntos, já consomem cerca de 50% da bioprodução do globo.

Com cada progresso da economia, legiões de espécies, de bactérias a mamíferos, tornaram-se ervas daninhas, "seguidores de campo", inquilinos, pragas, parasitas ou, ao contrário, viraram plantas e animais domésticos ou de estimação. Existem hoje dezenas de milhares de espécies aproveitadoras subservientes vivendo às custas da biomassa humana. Outras são simplesmente toleradas pela boa vontade do vencedor ou são benevolmente cuidadas.

Fiel à sua ascendência animal, o homem integrou toda a biosfera em um mercado comum de reciclagem de energia. Não mais existem continentes ou ilhas isolados e mesmo o fundo do mar sofre indiretamente com a interferência humana. O processo evolutivo como um todo foi desviado e obstruído pela agência humana e possivelmente esse fato é também irreversível. O que se chama de vida selvagem sobrevive hoje graças apenas à relativa boa vontade do homem. Embora a lista de espécies ameaçadas pelo homem ainda seja grande, é animador que não tenham havido extinções notáveis na última metade deste século. Além do mais, o homem produz novas entidades biológicas cultivadas, produtos artificiais de ancestrais selvagens preexistentes, como por exemplo as incontáveis raças graciosas de cavalos e cães, de tulipas e rosas. Hoje em dia, a engenharia genética cria organismos ainda mais exóticos. A futura biosfera humanizada será habitada não apenas por ratos e baratas e por espécies animais parcialmente domesticadas em ambientes protegidos, mas também por bonitas pseudo-espécies manipuladas.

A obtenção de energia ilimitada de uma fusão atômica "limpa" tornou-se uma possibilidade real. Não está longe o dia em que os laboratórios irão superar as limitações básicas da transformação de energia biológica e aumentar a eficiência fotossintética da molécula de clorofila. Uma biosfera de plantas supereficientes produzidas pelo homem será uma história totalmente diferente.

A espécie humana é quase sempre considerada tão-somente um pequeno galho na árvore da evolução. É fácil desenhar uma árvore que mostre isso. Mas na vida real o pequeno galho alcançou dimensões que obscurecem toda a árvore da vida. Com o homem, a vida tornou-se inteligente pela primeira vez e isso é sem dúvida um passo novo e irreversível na evolução da matéria no globo. E quando um dia, bilhões de anos à frente, nosso sol tornar-se um gigante vermelho engolindo nosso planeta, as colônias humanas já poderão estar florescendo em outro lugar do cosmos.

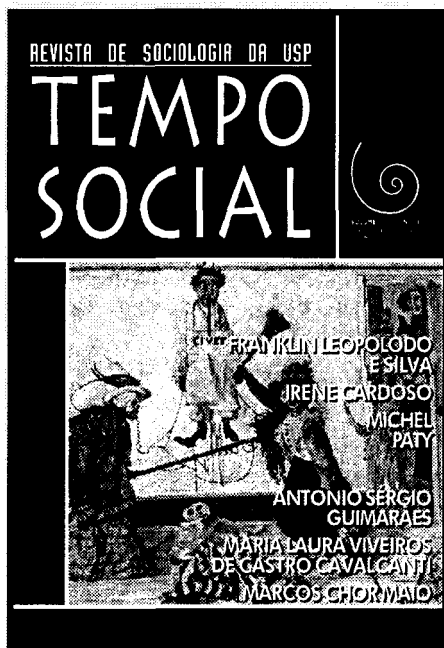
Somando tudo: acredito que a visão de uma evolução progressiva intrínseca do mundo animal canalizada pelas limitações e pelas liberdades definidas pela seleção natural é filosoficamente mais fértil do que a visão dominante do total acaso na evolução animal, que é filosoficamente pobre e insatisfatória.

Recebido para publicação em
27 de setembro de 1999.

Francis Dov Por é professor
emérito da Universidade Hebraica de Jerusalém (Zoologia).

Novos Estudos
CEBRAP

N.º 55, novembro 1999
pp. 105-119



Receba TEMPO SOCIAL pelo Correio. Envie o pedido à:
REVISTA TEMPO SOCIAL
 Depto. de Sociologia - FFLCH - USP
 Av. Prof. Luciano Gualberto, nº 315
 São Paulo - SP - Brasil - CEP 05508-900
 juntamente com cheque nominal à Discurso Editorial.
 Se preferir pode usar seu cartão de crédito.
 Tel: (011) 818-3703 / Fax: (011) 211-2096
 Informações também por e-mail: temposoc@edu.usp.br
 http://www.fflch.usp.br/ds/revistas/tempo-social

VOLUME 11 - Nº 1

DOSSIÊ UNIVERSIDADE

A experiência universitária
entre dois liberalismos

O discurso da Universidade

Ciência: aquele obscuro objeto
de pensamento e uso

DOSSIÊ RELAÇÕES RACIAIS

Baianos e paulistas: duas "escolas"
de relações raciais?

Preconceito de marca: etnografia
e relações raciais

Tempo controverso: Gilberto Freyre e o
Projeto UNESCO

ARTIGOS

Blade Runner: entre o passado e o futuro

Reflexões sobre a violência
na condição moderna

As formas da violência urbana: uma
comparação entre França e Brasil

Não há pior inimigo do
conhecimento que a terra firme

O jornalismo como *sistema perito*

A técnica moderna e o retorno do sagrado

PAULO MENEZES
DANILO
MARTUCCELLI
ERIC
MACE
RENATO JANINE
RIBEIRO
LUIS FELIPE MIGUEL
FRANZ JOSEF BRÜSEKE

Faça aqui o seu pedido

Volume	Preço	Qt.	Subtotal	Assinatura	Preço	Qt.	Subtotal
Vol. 10 nº 2	R\$ 10,00			Assinatura - 2 nºs	R\$ 20,00		
Vol. 11 nº 1	R\$ 10,00			Assinatura - 4 nºs	R\$ 35,00		

Valor total do pedido

Data de hoje

Dados pessoais

Nome _____

Endereço _____

Cidade _____ CEP _____ UF _____

CPF _____ (ddd) Telefone _____

Forma de Pagamento

- ☐ Cheque Nominal a Discurso Editorial
- ☐ Cartão de Crédito (Preencha os dados abaixo)

☐ Visa ☐ American Express

Número

Validade

☐ Sollo ☐ Creditcard

☐ Dinners

☐ Outro: _____

Assinatura - igual à do cartão de crédito