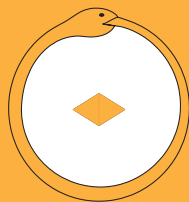
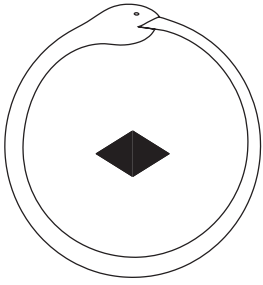


ALGUMAS COISAS QUE APRENDI
COM LYNN MARGULIS

Dorion Sagan



cadernos
SELVAGEM



ALGUMAS COISAS QUE APRENDI COM LYNN MARGULIS Dorion Sagan

Fala apresentada na roda de conversas *Biosfera*
durante o *Selvagem, ciclo de estudos sobre a vida*,
no Teatro do Jardim Botânico do Rio de Janeiro
em 13 de novembro de 2019.
Tradução de Gabriel Paixão.

Nós temos muito a aprender com as culturas indígenas nativas, mas também muito a aprender com a própria natureza, como as histórias originárias das ciências ilustram. Não necessariamente todas elas, mas eu gostaria de compartilhar algumas da minha mãe¹. Elas são o resultado de observações e compilações de múltiplas disciplinas, mas podem ser contadas como histórias.

Gaia é mais que um organismo, ainda que possa ser menos que um organismo por ser menos coerente do que um organismo unificado².

Gaia faz coisas como um ecossistema global que nenhum organismo pode fazer, e isso é muito importante. Porque a matéria da qual a vida é feita deve se reciclar conforme usa energia do sol, e a energia do sol está sendo transduzida pelas plantas. Plantas, cianobactérias, que são bactérias verdes, e algas, que são organismos fotossintéticos no oceano, realmente elas são as donas dos meios de produção, são as únicas que fazem comida. O resto do mundo é parasita, a não ser, talvez, a bactéria quimiolitotrófica³.

No ecossistema global, tudo é reciclado, toda a matéria é reciclada. Nenhum organismo vivo pode comer, pode subsistir de sua matéria residual, mas Gaia, um superorganismo, pode e faz. É um ecossistema, recicla-se completamente. O grande problema da humanidade industrial é que está crescendo tão rápido, e produz tanto resíduo, que está começando a machucar a si própria. Isso já aconteceu antes na história da Terra e ela se recuperou disso.

Ao longo do tempo evolucionário do meio ambiente, e sei que há um problema com essa expressão⁴, o lar, digamos, o lar pode se tornar o

corpo. E há uma linda frase, não sei de onde vem, mas reforça este ponto: “a Terra é tanto uma pedra com alguma vida em si quanto você é um esqueleto infestado de células”. Ao longo do tempo, o lar torna-se o corpo porque seres vivos crescem com os seus arredores e os incorporam.

Um exemplo espetacular disso é a criação dos esqueletos, tanto os externos, como nas algas, quanto os internos. Nossos esqueletos são feitos de fosfato de cálcio, apatita. Outros esqueletos de criaturas do mar, de conchas do mar, são feitos de carbonato de cálcio. Isto é algo produzido pela vida, mas o que é muito interessante é que costumava ser um produto residual. Íons de cálcio nas células em oceanos primitivos tinham que ser exportados através das células para o meio, porque elas seriam envenenadas e morreriam se não se livrassem do seu cálcio. O que parece ter acontecido durante o tempo evolucionário é que o cálcio se construiu do lado de fora das células e veio a ser conchas. E, similarmente, o cálcio exportado veio a ser ossos em organismos ancestrais. O que costumava ser produto residual de nossos corpos, algo externo, agora é parte de nós. E isso é o que a vida criadora pode fazer durante o tempo evolucionário.

Há uma escultura do surrealista espanhol Salvador Dalí que mostra o que parece ser um crânio, mas que, na verdade, é feito de nove mulheres nuas, e seus pés são os dentes e os espaços entre os corpos parecem com os buracos das cavidades oculares de um esqueleto. Isso é parecido com o que a vida faz. De uma coisa faz outra, porque é econômica, reusa seus materiais. Até o próprio Dalí, quando estava fazendo essa escultura, usou seu cérebro, e os íons de cálcio em seu cérebro são parte da eletroquímica do pensamento.

Estamos falando de um sistema global incrível que pode reutilizar as coisas. Outro ótimo exemplo de um resíduo sendo usado no sistema é a produção, por volta de dois bilhões de anos atrás, de oxigênio na atmosfera. Antes de dois bilhões de anos atrás, a Terra provavelmente parecia mais avermelhada, não azul, porque azul é um produto da dispersão de átomos de oxigênio. As cianobactérias precisam de uma fonte de elétrons. Antes disso haviam bactérias que podiam usar o gás que saía dos vulcões, sulfato de hidrogênio e o próprio hidrogênio. Esses gases eram parte dos meios através dos quais formas de vida primitivas conseguiam fotossintetizar, e ainda existem bactérias, como aquelas

bactérias sulfurosas roxas, que não usam água e sim sulfeto de hidrogênio. Quer dizer, essas cianobactérias verdes são incríveis e ainda estão conosco hoje. Quais outros organismos podem criar comida a partir de nada além do ar, dióxido de carbono no ar, água e sol? Esta é uma maneira bastante mágica de comer. E elas estão criando a comida deste planeta. Quando elas fizeram isso, a vida já tinha existido na água antes, mas nunca tinha usado água como parte de seu metabolismo.

Quando essa nova forma de bactéria evoluiu para usar água em seu metabolismo, isso criou um produto residual. Você não pode ter uma forma de vida sem produzir resíduo, porque é um sistema que recicla matéria, utiliza energia e produz resíduo no seu meio ambiente. Este é o problema: conforme Ailton estava nos contando⁵, de que é uma tendência da vida se reproduzir exponencialmente e produzir muito resíduo. E é isso que os seres humanos têm feito como uma civilização, mas a vida, antes dos seres humanos e até mesmo em nossos próprios corpos humanos, encontrou maneiras de não fazer isso.

Ironicamente, toda a nossa inteligência e tecnologia nos está fazendo dar a volta nas formas naturais de controle. Também há seres que vivem dentro dos limites do ecossistema, como os povos indígenas na Amazônia, mas este não é o caso da humanidade tecnológica global. Isso aconteceu antes, porque sempre há uma tendência de crescer demais, portanto deve haver maneiras de parar. Talvez a tendência mais espetacular que nos antecede é a dessas bactérias verdes que quando começaram a usar água, H₂O, tiravam o hidrogênio e se livravam do oxigênio. Elas precisavam de uma fonte de hidrogênio e o oxigênio começou a se acumular na atmosfera. Você pode ver isso nos registros fósseis, porque dois bilhões de anos atrás haviam óxidos de urânio e óxidos de ferros, chamados “camas vermelhas”, ferrugens nos registros minerais das primeiras pedras da Terra, e pode-se ver que começaram a oxidar.

Antes disso, a vida existia, mas não respirando oxigênio. Conforme o oxigênio cresce, vai de menos de 1% para mais de 20% da atmosfera, que é onde está agora. E tem sido regulado por volta de dois bilhões de anos, para que se mantenha em 20%, e é por isso que temos uma atmosfera energética. Este era um gás muito perigoso porque podem-se gerar incêndios numa atmosfera com oxigênio, pode-se

queimar hidrogênio e oxigênio para erguer foguetes espaciais. Quando ele apareceu (o oxigênio), era muito perigoso para os próprios organismos que o estavam produzindo, novamente, algo similar à situação humana atualmente, onde estamos em perigo por nossos próprios modos.

A vida encontrou uma maneira de usar, primeiro de tolerar esse oxigênio, e alguns organismos não podiam tolerá-lo e foram para dentro da lama. Alguns saíram e ainda existem nos corpos de outros organismos como, por exemplo, metanogênicos e arquea, que existem dentro de cupins e de vacas. De fato, são eles quem digerem a madeira, são parte da comunidade que digere a madeira dentro dos cupins, e parte da comunidade que digere a grama.

Nós não podemos comer grama, mas vacas podem porque possuem essas formas de vida primitiva que foram envenenadas por oxigênio. Muitas das cianobactérias que estavam criando o oxigênio provavelmente foram as primeiras a sofrer pela produção desse gás residual. Mas agora esse gás residual está em toda a atmosfera e nós usamos sua energia.

A vida tem poderes transformativos incríveis e acredito que podemos aprender com esse tipo de adaptação ao resíduo produzido.

Agora, é claro, uma das coisas mais importantes que aconteceu na história da biologia celular, a história das células na Terra, é que houveram algumas bactérias que evoluíram, não as cianobactérias, que podiam usar o oxigênio diretamente, e elas são as ancestrais da mitocôndria. Todos nós, fora do núcleo em nossas células, temos mitocôndria. As mitocôndrias vêm da mãe, mas não do pai, elas entram na célula do óvulo, estão na célula do espermatozoide, mas somente na cauda do espermatozoide, e se rompem.

Enquanto estou falando com vocês hoje, não somente tenho os olhos verdes de minha mãe, mas a mitocôndria de minha mãe que me está dando a energia, junto ao oxigênio e comida, para dizer estas palavras. Minha mãe morreu, mas não a sua mitocôndria. De certa forma ela está falando com vocês agora mesmo.

Essa tendência da vida estar apta a reusar seus resíduos, crescer, fazer um lar, e fazer um corpo desse lar, é algo com o qual podemos aprender. Como um ecologista de Nova Iorque, que inclusive tem uma companhia chamada *Gaia Soil*, no Bronx, e eu já escrevi junto a ele, sugeriu:

vinte mil toneladas de metal, vidro... esqueci qual é a terceira coisa... ah, concreto, são produzidas todos os dias somente na cidade de Nova Iorque. Nós apenas pegamos isso e jogamos no lixo. Compare isso com aquilo que as algas fizeram com o cálcio, transformando-o em seus lindos corpos, elas às vezes até parecem persianas deixando o sol entrar. Nós podemos pegar isso e usar, digamos, “colocar na água”, e convidar outras espécies para dentro, ao invés de pensar só em nós mesmos e nos nossos pequenos prédios quadrados. Nós poderíamos infundir isso como uma estrutura. Com bordas você consegue mais lugares para diferentes tipos de organismos crescerem.

Os romanos descobriram, assim como muitos povos, que quando derrubavam sementes no chão e as sementes se tornavam plantas, eles tinham agricultura. Os romanos descobriram que quando punham conchas de ostras, larvas cresciam nelas. Ostras e mexilhões são ótimos limpadores de poluição, e esse é o tipo de coisa que podemos fazer para regenerar nossos resíduos de modo que segue o exemplo, de não somente esgotar o meio ambiente, algo que aprendemos com culturas americanas nativas, mas da própria vida, de usar esses modos para criar um novo tipo de vida que não é só humana, mas que incorpora diferentes tipos de espécies nela. Essa é uma das coisas que teremos de fazer se formos continuar adiante, especialmente com os números populacionais que temos agora.

Gosto da conversa sobre futuros ancestrais. Acho que esse é um tipo de coisa científico-espiritual a se pensar e que eu gostaria de compartilhar com vocês, novamente é algo que vem da minha mãe. O que estou-lhes dizendo, em grande parte, são revisitas às coisas que aprendi com Lynn Margulis. Em histórias científicas sobre origem, origens da vida, começa-se com a Terra se concretizando no sistema solar interno⁶, por volta de quatro bilhões e meio de anos atrás, como o Fabio disse⁷, e naquela época, o sistema solar interno era majoritariamente hidrogênio, porque o sol veio do hidrogênio, colapsou gravitacionalmente, tornou-se nuclear e começou a irradiar luz.

Mas quando a vida se formou foi nesse sistema solar primitivo que era majoritariamente hidrogênio, e até hoje somos 70% água, que é hidrogênio (H₂O). Uma coisa fascinante que acontece com a vida é que

sendo um desses sistemas termodinâmicos, e não somente a vida existe através de matéria circulante conforme usa energia para manter seu metabolismo, o passado continua. Nossos próprios corpos são similares a museus vivos de quatro bilhões de anos atrás no sistema solar primitivo.

Os meios ambientes da vida dentro dos corpos são como o sistema solar primitivo pelo fato de serem feitos de compostos orgânicos que são compostos ricos em hidrogênio. Esses tipos de meios ambientes não são vistos em sistemas solares primitivos, você os vê ao redor das luas e dos grandes planetas fora do sistema solar onde a gravidade foi capaz de segurar o hidrogênio, que é o elemento mais leve e, portanto, tende a escapar. Assumindo que a vida se desenvolveu na Terra, ela contém tempos passados. É algo a se pensar quando pensamos em nossos ancestrais – e não só em nossos ancestrais humanos, mas a ancestralidade da vida em si, que está incorporada em nossos próprios corpos até hoje – o fato de que nunca escapamos do passado.

Talvez, para encerrar, eu devesse dizer algumas palavras sobre produção de entropia e mudança climática, porque acho que há uma nova visão de mudança climática e aquecimento global que é muito interessante e eu gostaria de compartilhar com vocês. Primeiro, para colocar em contexto esse problema de reprodução exponencial: meu filho, tenho um bebê de onze meses, quando ele tinha seis semanas, seu peso dobrou desde o nascimento. Calculei: se você dobrar seu peso a cada seis semanas, 8.6 períodos de duplicação, do peso original de nascimento dele de oito libras e três onças⁸, em três anos ele pesaria, acho, duas mil toneladas. Esse é o tipo de crescimento exponencial que você não vê porque não acontece. Nós temos esse problema também, quando eu nasci havia menos da metade do número de pessoas neste planeta do que há agora, isso não vai continuar.

Infelizmente, uma das maneiras em que o ser humano parece ter “evoluído”, embora não seja sustentável, para controlar sua população, é que os povos vão para a guerra e se matam entre si. Isso é basicamente o oposto do amor. Mas este bombardeamento é importante para entender uma nova visão da mudança climática.

Houve um gráfico na primeira página do New York Times que mostrou o aquecimento global de 1880 até 2017, por volta de três graus centígrados. Foi publicado e um cientista que conheço notou, acho que

não foi ele, mas ele interpretou que durante esse crescimento gradual houve algo muito interessante. Em 1940, o crescimento gradual aumentou e depois cresceu verticalmente até 1945, e depois voltou a baixar e continuou. O dióxido de carbono tem um longo tempo de residência na atmosfera, então não poderia ter sido o dióxido de carbono a causar aquela subida de tal forma. Mas poderiam ter sido partículas na atmosfera, e essas partículas foram produzidas por bombas e atingiram o pico em 1945 quando as bombas de Hiroshima e Nagasaki no fim da Segunda Guerra Mundial aconteceram. Isso sugere que precisamos olhar para partículas na atmosfera, quando mensuradas, elas aumentam o calor. Quando o vulcão no monte Santa Helena entrou em erupção, estava mais fresco durante o dia, porque a luz estava bloqueada, mas ficou ainda mais quente à noite do que durante o dia, porque as partículas retiveram o calor da Terra e do sol, e irradiaram durante a noite.

É muito possível que a razão pela qual a Terra esteja aquecendo agora não seja totalmente por causa do dióxido de carbono, mas também por causa de partículas de poluição de tecnologias industriais na atmosfera. E isso é uma nova maneira de entender uma possível explicação, também esperançosa, porque, como mostra a tabela, houve uma baixa de 1945 a 1950. Se livrarmos-nos de poluição de partículas que vem de aditivos da gasolina, majoritariamente do carvão, erguem-se cinzas quando não tampam o carvão, e também da geoengenharia... Se acontece de estarem pulverizando a atmosfera, talvez até pensando que a estão esfriando, poderiam estar aquecendo o planeta, mas se livrando destes, de acordo com os autores desse artigo, poderíamos de forma relativamente rápida, baixar o que vemos como aquecimento global.

Outro aspecto disso é que os sistemas termodinâmicos dos quais a vida é exemplo, na ciência os chamados sistemas termodinâmicos abertos ou sistemas termodinâmicos complexos, encontram energia. E toda vida, até mesmo vida que fica em seu próprio meio ambiente sem destruí-lo, está sempre precisando de energia, sempre precisando de comida, e produzindo resíduos. Esses sistemas não estão somente limitados à vida, sistemas de tempestades também fazem isso, eles encontram energia representada por gradientes de pressão na atmosfera, ou gradientes de temperatura na atmosfera, ou gradientes de potencial elétrico na at-

mosfera, como a vida faz, e fazem lindas pequenas reações químicas. Em um caso, tal reação química foi realizada por um químico chamado Bill Early, na Georgetown University, que é uma escola jesuítica, e ele estava no elevador e viu essas lindas reações químicas espiralando, as chamadas reações de Belousov-Zhabotinsky. E alguns padres entraram no elevador, e um deles olhou para o experimento que ele estava realizando, olhou para ele e disse: “elas estão vivas?”. E o cientista pensou nisso por um segundo e disse: “não, padre, elas são exatamente como você, metabolizam, mas não reproduzem”.

Esses tipos de sistemas não estão limitados à vida, e um desses sistemas é chamado de célula de convecção. Quando os marinheiros portugueses “descobriram”, entre aspas, porque obviamente já havia pessoas aqui, quando eles vieram para o Novo Mundo, estavam aproveitando as correntes que você pode ver nos mapas meteorológicos na Europa. Aquelas correntes são um exemplo, digamos, de um sistema termodinâmico simples que está dissipando calor, chamado de célula de convecção. Isso acontece em múltiplas escalas na atmosfera terrestre. Se há uma temperatura alta na base e uma temperatura mais baixa no topo, podem-se obter padrões que elegantemente transportam calor.

Calor é a forma máxima de desgaste num sistema termodinâmico. Além de resíduos líquidos, gasosos e sólidos, o calor torna-se esta forma final de resíduo, quando não se pode mais usar a energia. Essas células de convecção na atmosfera, que inclusive trouxeram os europeus para cá porque lá colocaram suas velas, estão sendo perturbadas pela produção de calor da civilização humana tecnológica, parece.

Por exemplo, também foi mostrado que os ventos que assopram as areias do deserto do Saara para o Atlântico Norte, ficam muito quentes, porque estão parando a convecção. Num experimento de ensino médio, se você pega uma proveta com líquido, aquece e coloca sementes de aipo dentro, podem-se ver padrões de convecção, o transporte suave de calor, mas se você colocar um prato em cima, ele para, e não tem mais convecção. Nós também podemos estar parando a convecção com nossa poluição particulada. É irônico que até mesmo sistemas não-vivos simples, tal qual a convecção, sejam melhores em tomar conta dos seus resíduos do que nós. Também pode-se argumentar que a inteligência

de usar energia, mas não a esgotar, é algo do qual precisamos nos fazer aprendizes.

Vou concluir dizendo algumas palavras sobre a ideia do *Jinn* ou do gênio. No Islã medieval, os gênios, tais quais aqueles em *Mil e uma noites* e *Noites da Arábia*, eram feitos de fogo, podiam ser feitos de fogo, e o fogo é um tipo de forma no sistema termodinâmico que usa a sua energia e depois desaparece. Eles frequentemente se manifestavam como redemoinhos. Os redemoinhos também são um tipo de sistema termodinâmico que usa gradientes de energia e ciclização, e uma vez que se acabam, quando a energia potencial se acaba, eles desaparecem.

É isto que aparentemente estamos fazendo, não somente como seres humanos, mas como seres humanos tecnológicos que estão arruinando o meio ambiente, majoritariamente para si próprios, eu não diria que para o planeta em si. O planeta em si se recuperou de múltiplas extinções em massa, o asteroide de Yucatán, que aterrissou no fundo do mar debaixo do Yucatán, é bilhões de vezes mais poderoso do que a bomba de Hiroshima, e nós temos mais vida agora, depois disso, do que tínhamos antes.

Eu não me preocuparia com o planeta, nós precisamos nos preocupar com nós mesmos e aprender com o planeta, aprender com povos que não sobrecarregam seus meios ambientes. Em nosso estado atual, somos como os gênios medievais que são chamados ou redemoinhos, esgotam tudo e se vão. Acho que devemos ser mais como os organismos recicláveis da Terra, que acessam esses gradientes de energia e tem maneiras de continuar a usá-los no futuro sem destruir a si próprios no processo.

Obrigado.

1. Lynn Margulis, (Chicago, 5 de março de 1938 – Massachusetts, 22 de novembro de 2011), mãe de Dorion, foi uma proeminente bióloga e professora na Universidade de Massachusetts. Ela é mais conhecida por sua Teoria da Endossimbiose e por sua colaboração com James Lovelock na Teoria de Gaia.

2. No filme *Symbiotic Earth: How Lynn Margulis Rocked the Boat and Started a Scientific Revolution*, de John Feldman, a própria Lynn Margulis define: “Para mim a Teoria de Gaia absolutamente não é: a Terra é um organismo. A Terra é um sistema fisiológico feito por ecossistemas, eles mesmos feitos de comunidades em que a menor unidade é a célula.”

3. Bactéria quimiolitotrófica: são bactérias que obtém energia através da oxidação de compostos inorgânicos. Conseguem viver numa profundidade de 5 km abaixo da terra.

4. Aqui Dorion remete às falas do Jeremy Narby na noite anterior (publicada no primeiro *Cadernos Selvagem*) e do Ailton Krenak sobre os termos “meio ambiente” e *environment* referirem-se à vida como algo ao redor e nós como observadores.

5. Refere-se à fala do Ailton Krenak, mediador de todas as rodas do *Selvagem, ciclo de estudos sobre a vida*: “Os xamãs trabalham o tempo todo com a suspensão do céu para que o nosso movimento excessivo não queime o peito do céu. A floresta faz um trabalho de regenerar e resfriar a Terra. Produzimos muito calor e lixo.”

6. Sistema solar interno – região que compreende os chamados planetas telúricos ou planetas interiores (Terra, Marte, Vênus, Mercúrio) e o cinturão de asteroides.

7. Fabio Scarano participou da roda de conversas sobre a Biosfera com Dorion e Cristine Takuá. Ele comentou que estudos científicos estimam que a Terra viverá mais cinco milhões de anos e, tendo hoje quatro bilhões e meio de anos, a Terra estaria em sua meia idade.

8. 3,760 kg.