

Texto Base: Aula 3

## **Conceito de vida**

Autor: Douglas Galante

### **Definição e teoria de vida: do senso comum à experimentação científica**

Quando olhamos o mundo ao nosso redor, facilmente reconhecemos algumas entidades como seres vivos: humanos, animais, plantas. Eles são obviamente diferentes de rochas, água, ar, fogo, tudo aquilo que comumente chamamos de “matéria inanimada”. Fazemos essa separação baseada em algumas propriedades que a matéria viva parece ter: ciclo de vida (animais nascem, crescem, reproduzem e morrem), motilidade (em muitos casos os seres vivos são capazes de se movimentar) e metabolismo (eles se alimentam de outros seres vivos ou de material e energia disponível no ambiente - como as plantas fazendo fotossíntese). Mas será que essas propriedades estão presentes em todos os seres vivos do planeta? E será que elas são suficientes para separar tudo que é vivo do que é não vivo?

### **Definições como forma de classificar o mundo**

Antes de entrarmos na discussão sobre a vida em si, é importante termos claro a ferramenta que iremos usar para isso, que são as definições. Filosoficamente, definições são maneiras de classificar nosso mundo, seja o material, seja o conceitual. Com elas podemos partir de uma realidade complexa e dividi-la em pequenas partes, que podem então ser analisadas separadamente. Por exemplo, podemos tomar uma certa região e separar o ambiente entre floresta e deserto. Na floresta, podemos agora separar as plantas de forma individual. Podemos então isolar uma árvore e quebra-la em folhas, tronco, raízes. Essas partes podemos separar em outras ainda menores, como os tecidos vegetais, vasos condutores, células. Dessa forma, pegamos nosso mundo e criamos definições de entidade hierarquizadas, uma dentro das outras, das escalas macroscópicas às microscópicas. Cada uma dessas entidades foi inventada (ou nomeada, ou definida) por ter propriedades significativamente (dentro de um certo contexto) diferentes das outras. A estratégia analítica de enxergar o mundo como formado por pequenas partes que podem ser isoladas, parece ser uma habilidade inata de vários animais, inclusive do *Homo sapiens*. Mesmo que muitas vezes tenhamos que sacrificar algumas propriedades que transcendem as pequenas partes isoladas, a técnica analítica para compreensão da natureza talvez tenha sido a habilidade que nos permitiu um domínio tão amplo dos elementos e o desenvolvimento da tecnologia, como temos hoje. Mas algo sempre se perde quando uma divisão do mundo é feita, e isso é um ônus do emprego de definições. Hoje enxergamos isso com mais clareza, tanto que vemos que as áreas que mais tem avançado são exatamente as ciências de fronteira, que procuram enxergar as conexões entre as áreas e produzir um conceito de mundo mais holístico.

Apesar das limitações criadas pelas definições, elas são a base da linguagem que usamos para descrever a natureza e essenciais para a compreensão racional de mundo. Uma boa definição deve ser facilmente entendida por qualquer um, além de ter o balanço certo entre simplicidade e completude para ser unívoca (se referir a apenas uma entidade natural, mas sem excesso de informação que a tornaria difícil de ser aplicada). Esse é o desafio que temos ao tentar definir vida.

### **Tentando definir vida**

Há múltiplas tentativas de definições de vida disponíveis na literatura científica, cada uma mais adequada para uma área específica de conhecimento. Alguns exemplos de definições são apresentados no quadro abaixo:

- Sistema que tenta responder a mudanças em seu ambiente e em seu interior de maneira a promover sua continuidade;
- Rede de feedbacks negativos inferiores (mecanismos regulatórios) subordinada a um feedback positivo superior (potencial de expansão, reprodução);
- Sistema auto-organizado e autopoiético (auto-reprodutor). Pode ser um agente autônomo ou um sistema multi-agente para sua(s) própria(s) reprodução(ões), completando ao menos um ciclo de trabalho termodinâmico;
- Sistema com capacidade para metabolismo e movimento;
- Sistema químico autossustentado capaz de sofrer evolução Darwiniana.

O grande problema nessas definições é que elas costumam ser de difícil aplicação geral. Podemos usar qualquer uma delas para, por exemplo, identificar todo e qualquer tipo de vida no planeta? E se pensarmos em eventuais tipos de vida exóticos? As definições foram construídas baseadas no conhecimento da vida na Terra, e em metodologias específicas para seu estudo, de diferentes áreas (fisiologia, ecologia, evolução, termodinâmicas, etc). Elas não formam uma teoria geral de vida, apenas definições, que, obviamente, carregam suas limitações, das quais sempre temos que estar cientes na hora de aplica-las, não importando qual seja.

De maneira pragmática, grande parte dos cientistas utiliza a definição de “vida como a conhecemos” (às vezes chamada, no inglês, de LAWKI – *Life As We Know It*), que apresentaremos sucintamente a seguir. No entanto, algumas áreas da pesquisa estão começando a desbravar a área da biologia exótica, explorando de forma teórica, experimental e mesmo em campo, a possibilidade de sistemas “vivos” baseados em organizações bioquímicas muito diferentes: solventes não-aquosos, código genético feito de diferentes bases ou com outro tipo de organização, proteínas com aminoácidos diferentes dos 21 “essenciais”, e até mesmo a substituição de elementos fundamentais nas moléculas biológicas, como o “CHONPS” (carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo e enxofre).

## A vida como a conhecemos

A vida em nosso planeta é muito mais do que aquilo que vemos no dia a dia. Nos últimos séculos, com a invenção de tecnologias como a microscopia ótica e eletrônica, pudemos enxergar além do limite da visão humana. Descobrimos o mundo dos microrganismos e percebemos que, na verdade, a vida macroscópica é apenas uma pequena fração da biosfera terrestre. Algo em torno de 90% de toda a biomassa do planeta está concentrada nesses seres unicelulares! Em nossos próprios corpos, temos mais células bacterianas (a grande maioria inofensiva) do que humanas. Nas últimas décadas, com a descoberta da estrutura do DNA e o desenvolvimento da biologia molecular e da metagenômica, pudemos explorar a biodiversidade de uma forma sem precedentes, avançando muito nosso conhecimento sobre a ecologia microbiana. Por meio dela, hoje sabemos que há uma diversidade sem precedentes de vida em praticamente todos os ambientes terrestres, do fundo das rochas e oceanos até a estratosfera, nos ambientes mais extremos e inóspitos. Apesar dessa grande variedade, os organismos vivos na Terra têm algumas propriedades em comum.

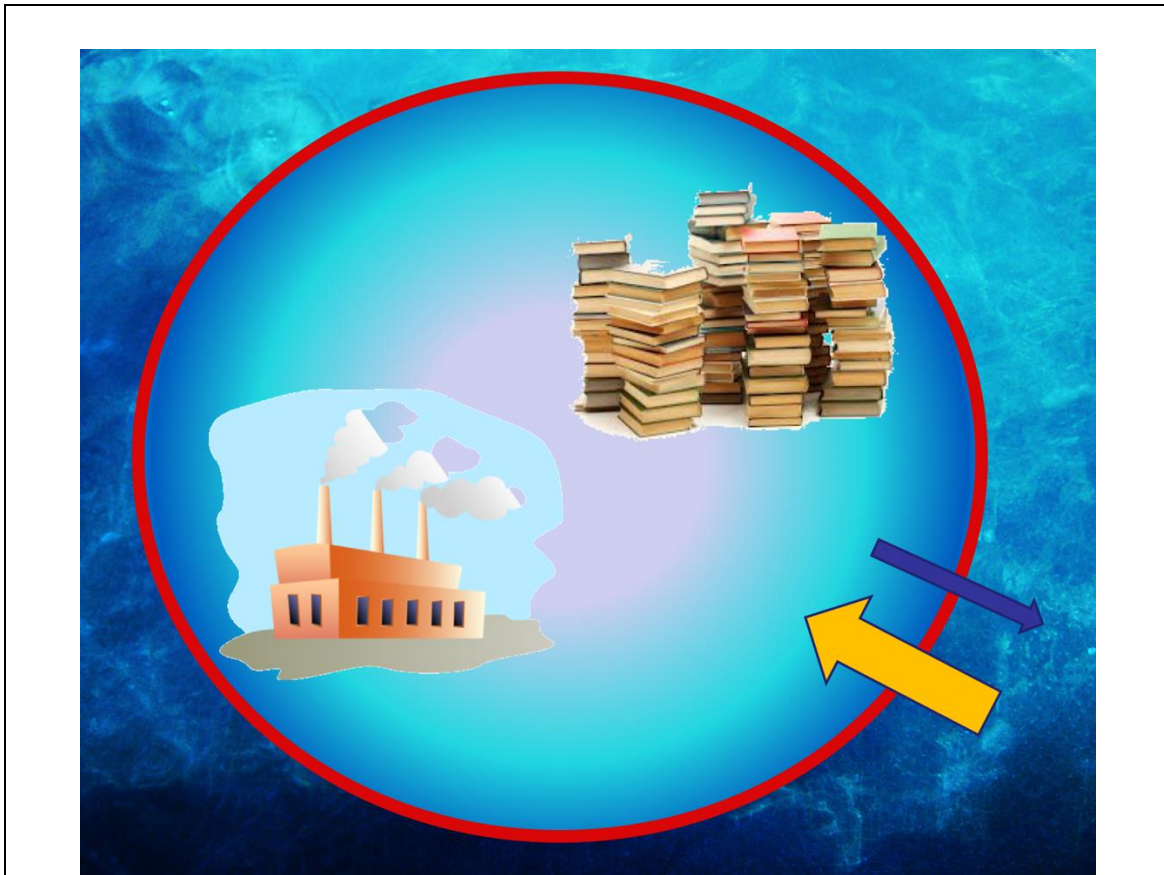


Figura XX: Toda a vida na Terra é feita ou depende de células: sistemas compartimentalizados (com uma membrana de permeabilidade seletiva, separando o meio extracelular do intracelular, onde ocorre a maioria de suas reações químicas), com um sistema informacional (DNA e/ou RNA) e um sistema metabólico. Mesmo os vírus ou príons, que não são feitos de células, dependem de células para sua reprodução.

### - Célula

Todos os organismos que já encontramos são feitos (ou dependem) de células – entidades compartimentalizadas (membrana semipermeável) com um sistema metabólico (feito de enzimas ou ribozimas) e um repositório de informação (material genético). As células são as unidades básicas de toda a vida que conhecemos e mesmo os vírus precisam delas para se reproduzir, do contrário não seriam nada mais que pacotes de material genético. Até onde sabemos, vida é feita de células, com alguma variedade de forma, tamanho e composição, mas com os mesmos princípios básicos de funcionamento. Esse é o que chamamos de o *viés celular*.

### - Material genético

A informação nos sistemas biológicos, essencial para o metabolismo e reprodução, está armazenada principalmente na sequência dos monômeros de macromoléculas orgânicas, DNA ou RNA. Estes são biopolímeros feitos de apenas 4 bases nucleotídicas: adenina, citosina, guanina e timina (ou uracil, no caso do RNA). Toda a vida no planeta usa exatamente o mesmo sistema informacional e o mesmo código de conversão entre nucleotídeos e aminoácidos (cada 3 bases codificando um aminoácido de uma proteína), e essa é a base do que é conhecido como o *dogma central da biologia molecular* (DNA → RNA → Proteína → Função biológica),

### - Carbono

Os blocos químicos que constituem a vida terrestre são moléculas orgânicas, feitas de um esqueleto de carbono ligado principalmente a átomos de hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo e enxofre. O carbono permite a formação de uma grande variedade de estruturas moleculares, facilitando a formação de macromoléculas com funções químicas muito específicas, como as eficientes enzimas, capazes de catalisar reações impossíveis de acontecerem naturalmente. Apesar de alguns outros elementos químicos, como o silício, poderem também formar macromoléculas, a diversidade química que eles podem gerar é inferior à do carbono, e, por isso, hoje acreditamos que ele é o melhor átomo para formar a base da vida, pelo menos da vida como conhecemos. Mas claro que ainda temos muito a aprender sobre as possibilidades de uma química diferente para a vida, estamos apenas começando a explorar esse campo de pesquisa em laboratório, e também com sondas espaciais, visitando, por exemplo, as luas geladas de Saturno, como Titã, onde as condições extremamente frias e com abundância de solventes orgânicos líquidos poderiam favorecer o uso de silício.

### - Água

Assim como o carbono é o átomo mais versátil para formar a diversidade química necessária para criar estruturas vivas, a água é o solvente mais versátil para permitir a diversidade de reações necessárias para que esses sistemas funcionem de maneira eficiente. Sua estrutura química é simples, a molécula é pequena e polar, dissolvendo assim com facilidade íons e criando repulsão de grupos apolares, que podem gerar estruturas como micelas e membranas, a base da compartimentalização celular. Sua alta constante dielétrica também a torna um excelente isolante elétrico, permitindo a separação de cargas elétricas necessária para gerar os desequilíbrios de potencial que, por exemplo, permitem a síntese de ATP pelo acúmulo de prótons através de



membranas. Essa é a base do metabolismo da vida terrestre, e, até onde sabemos, só é possível tendo a água como solvente. No entanto, assim como no caso do carbono, a ciência vem explorando alternativas químicas mais exóticas, e talvez consigamos mostrar que algum tipo de vida também seria possível baseada em outro tipo de solvente.

#### *- Evolução*

Todos os seres vivos do planeta, incluindo sistemas informacionais simplificados, como os vírus, evoluem segundo o que chamamos de evolução biológica ou Darwiniana. Isso quer dizer que ocorrem mudanças genotípicas, passadas de geração em geração, e que acarretam em mudanças de fenótipo com o tempo. Essas alterações de forma e função podem ser selecionadas segundo sua capacidade para aumentar o sucesso reprodutivo do indivíduo ou mesmo a manutenção de uma população ou de um único gene. A evolução é um processo totalmente natural, sem um propósito, intenção ou direcionalidade. Em última instância ela é baseada nas leis físicas e químicas, mas com uma complexidade muito além da previsibilidade dos sistemas determinísticos, gerando continuamente novas espécies em nosso planeta, graças a interação entre os processos genéticos e ambientais. É uma propriedade intrínseca da vida como conhecemos, e talvez mesmo de qualquer tipo de vida que possa existir no Universo.

#### *- Auto-organização*

Sistemas vivos possuem a propriedade de diminuir a entropia (desorganização em nível molecular) localmente, ao custo de energia e de um aumento da entropia global. Ou seja, utilizando uma fonte energética, como a luz solar ou um potencial químico, sistemas biológicos são capazes de utilizar moléculas, átomos e íons disponíveis no ambiente, organiza-los segundo as informações que possuem em seus códigos genéticos, e construir novas moléculas, novas estruturas celulares, com funções específicas. Essas estruturas, apesar de parecerem como se tivessem sido projetadas com uma função específica, quando vemos apenas o produto final, são, na verdade, resultado de um processo aleatório de geração de uma infinidade de opções selecionadas pelo ambiente (processo de seleção natural), ao longo de milhares, milhões e até mesmo bilhões de anos. Não há nenhuma fonte externa que defina como as estruturas biológicas devem ser (mas claro que há influência do ambiente), por isso as chamamos de auto-organizadas. Outras estruturas naturais altamente ordenadas, mas consideradas abióticas, como os cristais, também de auto-organizam, seguindo as leis físico-químicas atuantes sobre o sistema. No entanto, diferente dos sistemas vivos, elas fazem isso sem gastar energia total, pois a estrutura cristalina possui uma energia potencial final menor que a inicial, sendo o processo de cristalização termodinamicamente favorável (dependendo das condições de contorno, claro).

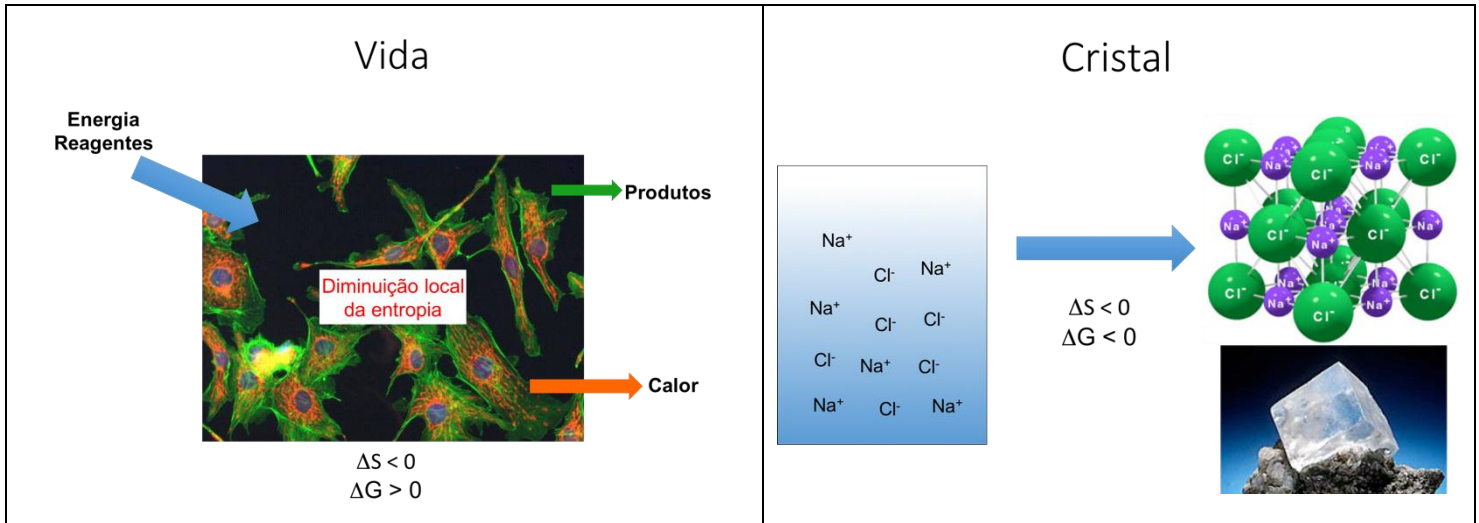


Figura XX: Diferenças termodinâmicas entre um sistema vivo e um sistema cristalino. Ambos geram sistemas organizados à partir de material desorganizado, portanto, diminuindo localmente a entropia ( $\Delta S$  negativo) e aumentando a entropia da vizinhança. No entanto, o cristal tem sua formação favorecida termodinamicamente ( $\Delta G$  negativo), sendo um processo espontâneo, enquanto a vida, no estágio atual, requer um gasto de energia para sua organização ( $\Delta G$  positivo), ao menos em seu estágio atual. Na origem da vida deve ter ocorrido uma sobreposição entre os dois tipos de sistemas, afinal, em algum momento um sistema abiótico se tornou biótico.

Apesar de estarmos ainda muito limitados à vida como conhecemos, nosso entendimento dos limites da vida tem se expandido muito. Nas últimas décadas, graças aos avanços nas técnicas de biologia molecular e de pesquisa de campo, estamos estudando nosso planeta desde quilômetros no fundo das rochas, oceanos e calotas polares até o alto da estratosfera. Em praticamente todos esses ambientes temos encontrado microrganismos (ou ao menos sequências de DNA amplificáveis e sequenciáveis dos mesmos) capazes de suportar às mais adversas condições ambientais. Conhecidos como extremófilos, esses seres têm ampliado nossa visão de vida tradicional. No entanto, ainda assim, toda a vida encontrada até agora é baseada no *viés celular* e no dogma central da biologia molecular. Talvez, para realmente podermos construir uma teoria geral da vida, tenhamos mesmo que nos arriscar e procurar algo completamente diferente, seja em nosso planeta, seja fora dele. Alguns pesquisadores já estão explorando essa possibilidade, conjecturando e estudando diferentes formas hipotéticas de vida, no que estão chamando de *biosfera oculta*, que pode mesmo estar passando despercebida de nossos estudos, mesmo aqui na Terra, apenas por ser muito diferente da vida tradicional.

## Bibliografia

- Margulis, Lynn, Dorian Sagan. 2002. *O Que É Vida*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
- Niño El-Hani, Charbel, Antonio Augusto Passos Videira, eds. 2000. *O Que É Vida? Para Entender a Biologia Do Século XXI*. Rio de Janeiro: Relume Dumará.