

Texto Base: Aula 4

Teorias sobre origem da vida

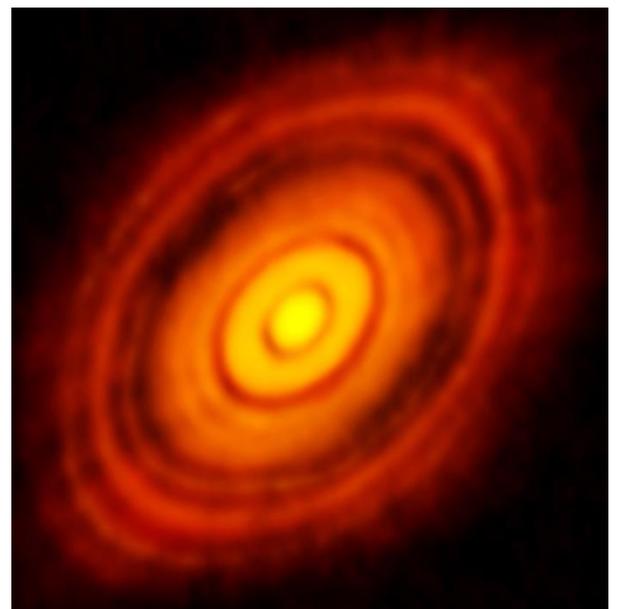
Autor: Douglas Galante

A origem da vida no planeta é um dos maiores problemas científicos ainda não totalmente resolvido. Essa pergunta é muito antiga, vemos nos registros históricos e arqueológicos diversos mitos sobre a origem do Universo, do planeta e da vida, os chamados *mitos cosmogônicos*. Sem ferramentas científicas ou arsenal teórico, esses mitos foram construídos baseados em tradições culturais e uma tentativa de explicação dos fenômenos naturais. Muitos desses mitos são a base para diferentes crenças religiosas que abordam o tema da criação, até os dias de hoje. O desenvolvimento tecnológico e do método científico moderno, principalmente a partir do século 17, permitiu que a natureza da vida, inclusive sua origem, pudesse ser estudada com uma abordagem nova e baseada em observações da natureza, experimentos controlados e em hipóteses testáveis, que serão o tema dessa aula.

Atualmente essa questão conta com o suporte de várias áreas da ciência que têm contribuído para o aumento de nosso entendimento das condições ambientais da Terra em seus primeiros milhões de anos. O paradigma que temos atualmente é que é necessário um conjunto de condições mínimas: um ambiente favorável e a presença dos ingredientes necessários, como visto na aula anterior. O desafio científico atual tem sido o de desvendar essas condições necessárias e suficientes para que o fenômeno de origem da vida aconteça, tentando replicar o processo em laboratório, mesmo que dividido em etapas.

Formação planetária

As primeiras teorias modernas sobre o processo de formação planetária foram formuladas no século 18, por Immanuel Kant (filósofo alemão) e Pierre-Simon Laplace (matemático francês), propondo que o Sistema Solar teria se formado pela condensação de uma nebulosa de gás e poeira que teria colapsado em rotação. Em seu centro, a gravidade geraria uma região tão densa e quente que reações de fusão nuclear seriam possíveis, gerando energia térmica e luminosa que contrabalançaria o colapso, tornando o sistema hidrodinamicamente estável. Esse é o processo de nascimento da estrela central. Ao redor da mesma, a nebulosa continuaria colapsando, mas o princípio de conservação angular faz com que o gás, em lenta rotação inicialmente, aumente sua velocidade fazendo com que a



Disco protoplanetário imageado por emissão em micro-ondas pelo radiotelescópio ALMA (ESO – Chile). Até o momento, é a imagem de mais alta resolução de um sistema exoplanetário em formação.

Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/HL_Tauri

nebulosa assumia uma forma de disco achatado, o chamado *disco protoplanetário*. Nesse disco, pequenas regiões mais densas vão agregar mais material, poeira e gás, formando os planetas. Quanto mais perto o planeta se formar da estrela, mais quente, seco e sem gás ele será, dando origem assim aos planetas rochosos. Quanto mais longe da estrela, mais frio será, podendo acumular muito gás, gelo e mesmo água. Na região intermediária, o que chamamos de *zona de habitabilidade*, água líquida poderia permanecer estável na superfície do planeta, e acredita-se que essa seja a condições ideal para a vida.

Astroquímica e química prebiótica



Laboratórios síncrotron, como o LNLS (Campinas, SP) podem ser usados para recriar as condições de formação de moléculas no meio interestelar.

Fonte: www.lnls.br

Por meio de simulações em laboratório, em computador, por observações astronômicas e medidas diretas de cometas, asteroides e meteoritos coletados, sabemos que essas nebulosas de gás apresentam uma grande riqueza química. A formação dessas moléculas é estudada pela área chamada de astroquímica, e hoje sabemos que assim são formados aminoácidos, açúcares, álcoois e muitas outras moléculas orgânicas. Utilizando espectrômetros acoplados à potentes telescópios e radiotelescópios, ou estudando fragmentos de meteoritos e cometas, já foram detectadas

centenas de diferentes moléculas, formadas por foto-reações em fase gasosa, em gelos e nas superfícies de grãos micrométricos, que funcionam como catalisadores químicos. Uma vez formadas nas nuvens, ou mesmo nos discos proto-planetários, as moléculas poderão se acumular durante o processo de colapso gravitacional, e indo acabar nos planetas em formação. Nas regiões mais distantes da estrela em formação, essas moléculas normalmente se condensam e congelam, ficando presas nos cometas e em planetas gelados. Por exemplo, em nosso Sistema Solar, temos uma lua extremamente rica em metano e etano, inclusive com oceanos e nuvens desses hidrocarbonetos. Essa lua é Titã, e orbita Saturno.

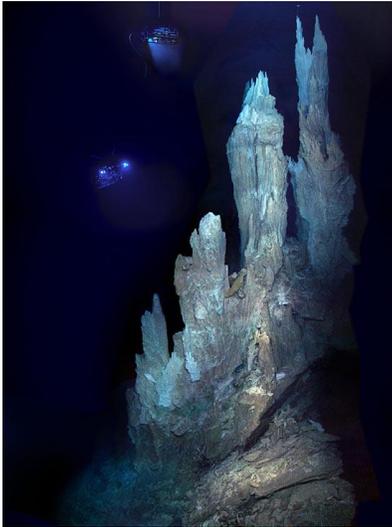
Além de se acumularem diretamente nos planetas, as moléculas podem também ser redistribuídas posteriormente, transportadas por cometas e asteroides. Dessa maneira, hoje sabemos que uma parte significativa da água terrestre foi trazida para cá posteriormente por impactos, sendo, portanto, extraterrestre. Se não fosse assim, talvez nosso planeta não fosse habitável e sem condições para a vida surgir.

A Terra Haedean e química prebiótica

Assim que formada, 4,543 bilhões de anos atrás, a Terra era extremamente quente, com a superfície derretida em um oceano de lava, devido ao processo de formação planetária e, posteriormente, devido aos impactos com rochas que



restaram da formação dos planetas, e pelo impacto gigante que deu origem à nossa Lua. Por esse motivo, esse período inicial, de sua formação até cerca de 4 bilhões de anos, ficou conhecido como período Hadeano (em referência a Hades, deus do mundo inferior e dos mortos, na mitologia grega). No entanto, estudos recentes nos fragmentos mais antigos de rochas terrestres, os cristais de zircão, mostraram que as temperaturas e as condições nesse momento talvez fossem bem diferentes desse quadro. Essa é uma área de pesquisa ainda em desenvolvimento, e os últimos dados apontam que a Terra talvez tivesse temperaturas amenas, e talvez até mesmo água líquida presente!



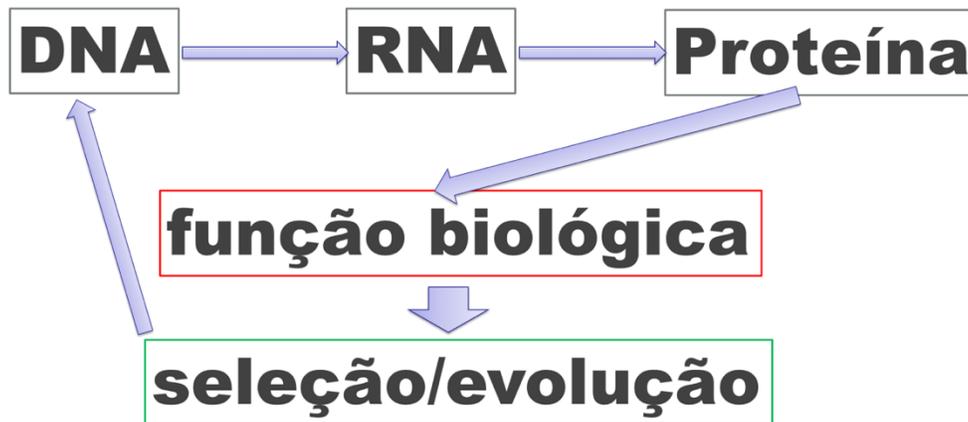
Pilar do campo de fontes hidrotermais de Lost City, no Ocano Atlântico. Acredita-se que esse tipo de ambiente seja muito similar ao das regiões onde ocorreu a origem da vida.

Fonte:http://en.wikipedia.org/wiki/Lost_City_Hydrothermal_Field

Em 1952-1953, foram realizados os primeiros experimentos que tentaram recriar o que se imaginava ser as condições de Terra primitiva (como proposto pelos pesquisadores Alexander Oparin e J.B.S Haldane, de forma quase simultânea, porém independente). Os experimentos de Stanley Miller e Harold Urey foram feitos em um reator contendo uma atmosfera composta de água, metano, amônia, hidrogênio e nitrogênio, e utilizando um faiscador como fonte de energia, simulando assim relâmpagos. Após cerca de uma semana, foi constatada a presença de um material espesso e escuro, que, quando analisado, mostrou a presença de açúcares e aminoácidos (mistura racêmica). Foi a primeira vez que, moléculas consideradas antes como primariamente biológicas, foram sintetizadas em condições de Terra primitiva. Essa abordagem de entendimento da vida a partir de seus princípios químicos é chamada de *bottom-up* (de baixo para cima), e o experimento de Urey-Miller a inaugurou, juntamente com a química prebiótica, e, por isso, tem grande importância histórica, mesmo que posteriormente tenha sido mostrado que as condições de Terra

primitiva eram bem diferentes das usadas. Desde então, experimentos mais completos têm sido realizados, mostrando que a famosa “sopa primordial” presente na Terra era uma mistura de elementos e moléculas formados no espaço e reprocessados no planeta, rica em material orgânico, água e diferentes sais inorgânicos. A presença de materiais catalisadores, como as argilas e minerais, associada a fontes de energia e regiões com fortes desequilíbrios químicos (como as fontes hidrotermais submarinas de *Lost City*, da figura acima), parecem ter impulsionado reações químicas entre as moléculas presentes, gerando uma variedade de macromoléculas. Algumas dessas acabaram tendo, por uma questão meramente estatística, propriedades químicas únicas, como a capacidade de criar cópias de si mesmo, e começaram então a se acumular. O cenário estava montado para o início de um processo de Evolução biológica: uma entidade auto-replicante, fazendo cópias de si mesma, com ligeiros erros (produzindo assim variabilidade de estruturas e e funções), que puderam ser selecionados devido à sua interação com o ambiente e com outras entidades. Antes mesmo de haver uma célula de fato, esses sistemas moleculares simples poderiam já ter características muito similares a sistemas vivos, e talvez essa tenha sido a primeira manifestação da transição entre um sistema químico para biológico no planeta.

Mundo de RNA



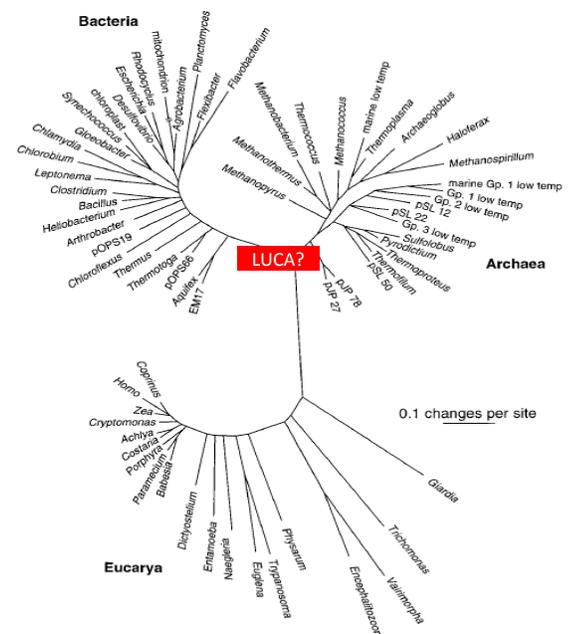
O fluxograma mostra o chamado dogma central da biologia molecular, que diz que a vida usa informação armazenada no material genético para sintetizar proteínas, às quais geram função biológica (metabolismo, habilidade de reprodução, interação com o ambiente, etc) e, dessa maneira, está sujeita aos processos evolutivos, que acabam por definir quais sequências de informação genética seriam mantidas e quais eliminadas.

Apesar do modelo conhecido como *dogma central da biologia molecular* ser dito “universal”, sendo a base de funcionamento de todos os seres vivos que conhecemos no planeta, direta ou indiretamente (como no caso dos vírus), inclusive com o mesmo código químico, talvez as primeiras formas de vida que surgiram utilizassem uma versão simplificada do mesmo. Para que tenha funcionado dessa mesma maneira desde o início da vida, todos os subsistemas necessários já deveriam estar presentes, tendo surgido pelas mesmas reações prebióticas: sistema informacional, sistema de tradução, código de transporte de aminoácidos, sistema de síntese proteica. Em 1986, o americano Walter Gilbert, postulou a teoria que a vida possa ter passado por um estágio simplificado de funcionamento, utilizando apenas RNA como molécula polivalente: atuando como sistema informacional, replicador e catalisador. Essa proposta vem ganhando muita força por nosso aprofundamento no conhecimento das funções do RNA. Assim como o DNA, ele também é capaz de armazenar informação química em sua sequência de nucleotídeos, mas também tem atividade catalítica, promovendo reações químicas. Sabemos que ele, no ribossomo, catalisa a síntese proteica, atuando na tradução da informação genética em moléculas com função biológica. Mas, nos últimos anos, foi mostrado que o RNA é capaz de realizar, em alguns casos, também autocatálise, ou seja, facilitar reações de duplicação de si próprio. Hoje essa é uma das teorias mais aceitas para os primórdios da vida no planeta, e ela é conhecida como hipótese *do Mundo de RNA*. Apesar de ser uma hipótese muito elegante e que estamos mostrando, por experimentos em laboratório, que pode realmente funcionar, é muito difícil comprovar que foi o que de fato que ocorreu na história do planeta. As evidências empíricas das primeiras centenas de milhões de anos do planeta, como fósseis moleculares, são escassas ou inexistentes (até o momento só foram encontrados pequenos

fragmentos de zircão de épocas tão antigas). Por enquanto, estamos trabalhando para contar histórias possíveis sobre a origem da vida na Terra, mas ainda estamos um pouco longe de poder afirmar o que de fato aconteceu. O desafio é encontrar os indícios que possamos usar para comprovar ou refutar essa teoria, e estes podem estar em alguma rocha muito antiga do planeta, ou talvez até em Marte ou na Lua, atirados para fora por um violento impacto. Ou pode ser que sejamos criativos o suficiente para conseguir usar a informação genética presente na biologia atual para retratar sua história passada, fazendo o relógio evolutivo voltar. No final, pode ser que a história da origem da vida esteja ainda preservada, ainda que de maneira fragmentada, dentro de nosso próprio código genético. Resta sabermos como procurar por isso.

LUCA e outras origens

A ideia de tentar compreender a origem da vida a partir do conhecimento da diversidade biológica e genética atua, tentando recontar a história evolutiva, é conhecida como abordagem *top-down* (de cima para baixo). A existência de um sistema único, utilizando um mesmo código químico, faz com que a maioria dos cientistas acreditem que todos os seres vivos atuais descendam de um ancestral comum, o chamado LUCA (*Last Universal Common Ancestral*). O LUCA está, geneticamente falando, na raiz da árvore filogenética mostrada ao lado (construída comparando-se sequência de RNA ribossomal de diferentes espécies). No entanto, é importante notar que a árvore mostrada nessa figura é baseada em dados genéticos de organismos modernos, portanto, apenas nos mostram uma indicação de parentesco entre eles, pouco dizendo sobre quais as características reais do LUCA. De fato, suas características genéticas e fenotípicas (características físicas decorrentes da expressão da informação genética) podem ter sido muito diferentes dos seres atuais, sendo uma das áreas extremamente ativas de pesquisa em origem da vida exatamente a tentativa de desvendá-las. No entanto, mesmo que cheguemos a conhecer melhor o LUCA, isso não quer dizer que tenhamos compreendido a origem da vida, pois ele não é, necessariamente, o primeiro ser vivo do planeta, apenas aquele do qual divergiram as outras espécies. Pode ter existido um longo processo de evolução anterior ao LUCA, desde nosso primeiro ancestral.

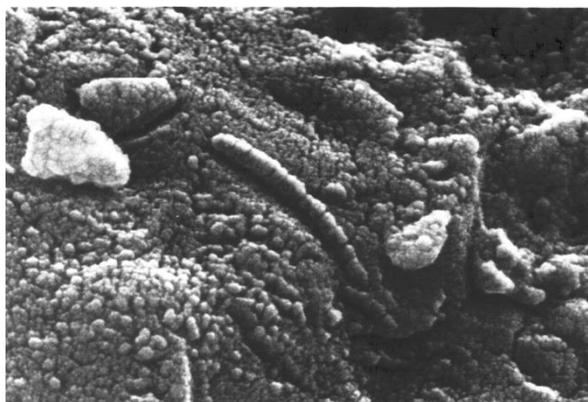


Além disso, sistemas vivos podem ter surgido várias vezes no planeta, talvez até mesmo utilizando lógicas bem diferentes do atual *dogma central*. Isso poderia até mesmo estar acontecendo ainda hoje! Se esse é o caso, por que não vemos formas de vida diferentes? Há pelo menos duas respostas possíveis: 1) Uma vez que a vida surgiu, ela rapidamente se espalhou e dominou praticamente todos os ambientes do planeta. Qualquer outra forma de vida que surgisse teria que competir com esse sistema extremamente eficiente e onipresente, e, provavelmente, seria

rapidamente assimilado e servido de alimento para a vida como conhecemos. 2) Pode ser que essas outras forma de vida realmente tenham surgido e estejam presentes, de forma talvez microscópica, e restritas a alguns ambientes. Se ela tivesse uma constituição realmente diferente, possivelmente nossas formas de estuda da vida não a detectaria, e ela poderia coexistir conosco. Alguns pesquisadores estão chamando esse tipo de vida hipotética de *biosfera oculta*. Talvez estejamos cercados por uma diversidade biológica que vem sendo ignorada há séculos, simplesmente porque nos especializamos em procurar por células ou DNA/RNA.

Origem extraterrestre: panspermia (fraca, forte)

Hoje sabemos que não podemos ignorar a influência do ambiente espacial na história da vida na Terra, e a teoria científica de que a vida pode ter sido trazida ao planeta de fora é chamada de *panspermia*. Em sua versão mais fraca, ela propõe que os blocos químicos para a origem da vida tenham vindo do espaço, como as moléculas orgânicas, e até mesmo a água. Essa ideia é bastante apoiada por fatos, pois sabemos que várias toneladas de material espacial caem na Terra todos os anos, e alguns desses meteoritos e poeira espacial são muito ricos exatamente dessas moléculas orgânicas. Praticamente metade da água de nossos oceanos parece ter origem extraterrestre, tendo sido trazida por asteroides e cometas. Ou seja, estamos continuamente recebendo material extraterrestre, e eles contribuíram para criar a riqueza química no planeta necessária para a origem da vida.



Micrografia eletrônica do meteorito Marciano ALH 84001, com as estruturas que foram propostas como possíveis microfósseis. O consenso atual é que elas são de origem puramente geoquímica.

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/ALH_84001

Em sua versão mais forte, ela propõe que microrganismos podem ter sido arrancados de outro planeta (como Marte, bilhões de anos atrás, quando sua superfície era habitável) e caído como meteoritos na Terra, depois de milhões de anos de viagem pelo espaço. Se tivessem sobrevivido, talvez aqui tenham encontrado um novo ambiente habitável e proliferado, colonizando o planeta. Essa é uma hipótese que, obviamente, não resolve o problema da origem da via em

si, pois apenas a transfere para outro lugar que não a Terra. Mas certamente é uma pergunta válida de ser feita, pois hoje sabemos que há ou já houve ambientes habitáveis no Sistema Solar que poderiam estar trocando

material: Marte, as luas geladas de Saturno, entre outros. Em 1996 essa hipótese ganhou muita força quando a NASA fez o anúncio da descoberta de potenciais fósseis microbianos em um meteorito de origem Marciana (ALH 84001, micrografia eletrônica apresentada na figura acima). Depois de muita discussão na literatura científica e muitos estudos, grande parte da comunidade aceita que essas estruturas, que lembram muito cianobactérias terrestres, sejam de origem puramente abiótica. E, até hoje, não há nenhum indício científico da detecção de vida extraterrestre de nenhum tipo. Mas a busca e o debate continuam, e hoje existem mesmo experimentos para tentar

medir a saída de microrganismos da Terra para o espaço de forma natural, pela estratosfera. Claro que também enviamos centenas de milhares de células em cada uma de nossas sondas espaciais, devido a dificuldade de esterilizar completamente essas delicadas naves. Estima-se, por exemplo, que a sonda *Curiosity*, que agora está em Marte, carregou consigo pelo menos 500.000 esporos viáveis de bactérias! Talvez nós mesmos estejamos contaminando o Universo, e talvez até mesmo colonizando outros mundos habitáveis, mesmo sem querermos.

Bibliografia recomendada

Luisi, Pier Luigi. 2013. *A Emergência da Vida – Das Origens Químicas*. São Paulo: EDUSP