

Evolução

2 A Origem da vida



Introdução

Na aula passada, estudamos um pouco sobre o funcionamento da ciência e como as idéias evolutivas se desenvolveram ao longo do tempo. Agora partimos para outro tema central na Biologia e bastante abordado na proposta curricular do Estado de São Paulo é a Origem da vida.

Eventos relacionados a tal temática aconteceram a tanto tempo atrás que as dificuldades de investigá-los são notórias, parecendo um “caso insolúvel”. Entretanto, a investigação científica tem – ainda que com dificuldade – conseguido encontrar algumas peças desse quebra-cabeças, como veremos nesta aula.

Origem da vida

Logo depois que elaborou a sua teoria da evolução, Darwin foi confrontado com a seguinte questão: “Se todos os seres vivos evoluem de seres previamente existentes, como apareceu o primeiro organismo vivo?” Além disso, outra questão óbvia era a seguinte: Se um dia apareceu um ser vivo a partir de matéria inanimada, por que não vemos esse processo ocorrer hoje em dia? Darwin chegou a abordar a segunda questão, em uma carta escrita em 1871 para Joseph Hooker, um botânico com quem tinha grande amizade:

É dito frequentemente que todas as condições para a produção inicial de um organismo vivo estão presentes e sempre poderiam estar presentes. Mas se (e Oh! esse é um grande “se”) nos pudéssemos conceber em alguma pequena lagoa quente, com todo tipo de sais de amônia e fósforo, luz, calor, eletricidade etc, todos eles presentes de forma que um composto proteico fosse quimicamente formado pronto para sofrer alterações ainda mais complexas. No tempo presente tal composto seria instantaneamente devorado ou absorvido, o que não seria o caso no período anterior a formação dos seres vivos.

Nesse trecho da carta, Darwin argumenta que, se um organismo surgisse espontaneamente a partir de matéria inanimada, nas condições atuais ele seria imediatamente devorado ou absorvido, mas, se ele estivesse só, poderia dar origem a formas cada vez mais complexas de seres vivos ao longo da evolução.

Lamarck, quando desenvolveu sua teoria da evolução, fez uso do aparecimento contínuo de organismos simples para responder à seguinte questão: “Se os seres vivos tendem a se tornar mais complexos ao longo do tempo, por que ainda existem organismos simples?” Segundo Lamarck, de tempos em tempos, surgiam organismos simples, e o fato de eles ainda existirem seria porque teriam aparecido mais recentemente que aqueles mais complexos. Mas temos de considerar que as ideias de Lamarck foram produzidas em uma época em que ainda se aceitava a geração espontânea (ou abiótica) dos organismos simples, já que os experimentos de Louis Pasteur foram realizados posteriormente.

Foi somente na década de 1920 que dois cientistas tiveram, independentemente, a ideia de que as condições da Terra na época da origem dos primeiros seres vivos eram diferentes das condições atualmente existentes. J.B.S. Haldane, na Inglaterra, e Aleksandr Oparin, na Rússia, propuseram que a atmosfera atual resultou do acúmulo da atividade fotossintética durante bilhões de anos e que a atmosfera primitiva era mais redutora e, portanto, menos oxidante. Assim, esses cientistas propuseram a teoria da “sopa primordial”, segundo a qual compostos orgânicos poderiam ser rearranjados por ligações químicas espontâneas, em oceanos sob uma atmosfera redutora, até o ponto em que uma combinação específica chegasse a ter a propriedade de facilitar a produção de cópias de si mesma, propriedade essencial dos seres vivos.

A partir da década de 1950, as ideias da “sopa primordial” de Haldane e Oparin começaram a ser abordadas experimentalmente. Stanley Miller, um químico então recém-formado, propôs-se a fazer tal teste sob orientação do também químico Harold Clayton Urey, que já havia recebido um prêmio Nobel de Química pelos seus trabalhos no isolamento do deutério e da água pesada. Aos 23 anos de idade, Miller notabilizou-se por desenvolver o famoso experimento onde, a partir de uma combinação de gases e de água em um aparelho, que simulava as condições atmosféricas presumidas da Terra primitiva, conseguiu obter moléculas orgânicas importantes para a vida.

O experimento de Miller e Urey

A ideia dos pesquisadores foi a de recriar, em pequena escala, a atmosfera e o oceano primitivos e ver que tipos de alteração ocorriam quando o sistema era submetido a fontes de energia.

Como se sabe qual era a composição dos oceanos e da atmosfera de muitos bilhões de anos atrás?

A natureza redutora da atmosfera da Terra primitiva foi inferida, indiretamente, através da análise da composição das atmosferas de outros planetas do sistema solar. Isso é possível pelo uso da técnica de espectrografia da luz que passa pela atmosfera dos planetas antes de chegar aos telescópios. Em planeta algum, além da Terra, se observou uma

atmosfera tão oxidante como a nossa. Atualmente, a atmosfera terrestre é tão oxidativa que, se houvesse uma proporção maior de oxigênio, haveria combustão espontânea do material combustível. Como há muito tempo se sabe que o processo de fotossíntese resulta na formação de oxigênio molecular (O_2), os pesquisadores supuseram que o oxigênio presente na atmosfera seria o resultado do acúmulo de produtos da fotossíntese.

Atualmente essa ideia, de que a atmosfera terrestre primitiva não era oxidante, tem sido comprovada por outras evidências obtidas em nosso próprio planeta. As jazidas de ferro somente podem ser depositadas em um ambiente redutor, pois, em um ambiente oxidativo, os óxidos de ferro resultantes não se depositariam nos minerais que conhecemos. De fato, os minerais de ferro que somente poderiam ser formados em ambientes redutores, como por exemplo a pirita (sulfeto de ferro), também conhecida como “ouro dos tolos” por possuir um brilho amarelado, somente são encontrados em estratos geológicos muito antigos. Além dos minerais ferrosos, outros minerais que só poderiam ser formados em condições de baixa concentração de oxigênio, também, são encontrados somente em estratos muito antigos.

O experimento de Miller e Urey constava de um sistema fechado em recipientes de vidro, que continha água e os gases metano, amônia, hidrogênio, monóxido de carbono e vapor d'água. O esquema do aparelho é mostrado na figura 1.

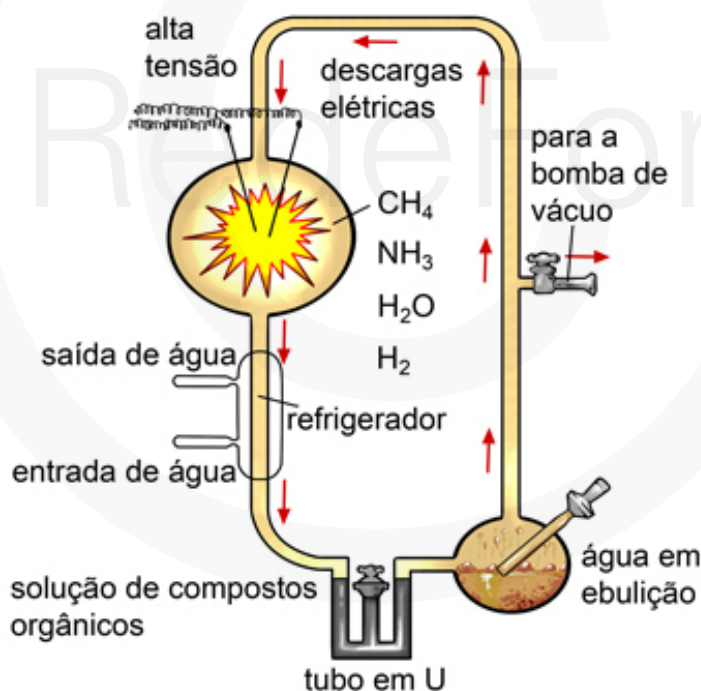


Fig. 1 Aparelho do experimento de Miller e Urey

Os resultados do experimento

Após um dia com o sistema funcionando, os autores observaram que a fase líquida se tornava rosada. Mais tarde, o líquido estava turvo e avermelhado. O resultado mais notável foi as análises de amostras de líquido mostrarem que alguns aminoácidos haviam sido formados dentro do sistema.

É muito comum os alunos, quando aprendem sobre o experimento de Miller, pensarem que houve a formação de um ser vivo de forma espontânea. Isso, de fato, não ocorreu. A importância do experimento está na demonstração de que compostos químicos que fazem parte de todos os seres vivos podem ser formados de forma simples e direta.

O que mais falta para a formação de um organismo vivo?

É muito difícil que algum dia se saiba como se formou exatamente o primeiro organismo, aquele que é o ancestral de todas as formas de vida existentes atualmente. Mas há evidências muito fortes de que todos os organismos atuais compartilham um único ancestral.

As evidências de que isso ocorreu estão nos próprios seres vivos atuais:

- As moléculas químicas de todos os seres vivos são baseadas nas moléculas de carbono. Os principais constituintes químicos elementares dos seres vivos são aqueles da sigla "CHONPS": C de Carbono, H de Hidrogênio, O de Oxigênio, N de Nitrogênio, P de Fósforo e S de Enxofre. Há outros elementos químicos nos seres vivos, mas os da sigla CHONPS são os principais.
- Todos os seres vivos possuem proteínas, ácidos nucleicos, lipídeos e açúcares.
- Todos os seres vivos usam como molécula armazenadora de energia principal o ATP - trifosfato de adenosina.
- Todos os seres vivos transmitem a informação genética de uma geração para outra sob a forma de ácidos nucleicos (DNA ou RNA), cadeias formadas por moléculas simples - os ribonucleotídeos (no caso do RNA) ou desoxirribonucleotídeos (no caso do DNA).
- Todos os seres vivos são formados por células, que são entidades que estão separadas das demais células ou do ambiente por uma membrana lipoproteica, ou seja, que é formada por lipídeos e por proteínas.

Assim, uma boa parte da pesquisa científica feita para o entendimento sobre o surgimento dos seres vivos segue o caminho contrário daquele usado por Miller e Urey, quer dizer, a partir do conhecimento sobre o que é comum a todos os seres vivos, tenta-se reconstruir aquilo que seria o primeiro deles.

Mesmo o mais simples dos seres vivos atuais é muito complexo. Como surgiu essa complexidade?

Este é um fato que intrigou os pesquisadores sobre a origem dos seres vivos durante muito tempo. Desde meados do século XX sabe-se que o material genético é constituído

por ácidos nucleicos. Entretanto, os organismos atuais não são formados exclusivamente por ácidos nucleicos. Eles são formados, como já vimos, por outros compostos.

Existe ainda uma divisão de tarefas nos seres vivos atuais. Na maioria deles, a informação genética é armazenada no DNA; o RNA transmite essa informação genética para proteínas, que fazem o metabolismo funcionar. O metabolismo é o conjunto de reações químicas que ocorre nos organismos. Na década de 1980, entretanto, descobriu-se que os ácidos nucleicos, em especial o RNA, também são capazes de realizar a tarefa que era considerada exclusiva das proteínas. Certas moléculas de RNA também podem realizar a catálise de reações químicas.

A partir dessa descoberta, aliada ao fato de que existem vírus, como o da gripe ou o HIV, que possuem apenas RNA como material genético, a hipótese já existente de que o primeiro ser vivo era formado por RNA ganhou um grande impulso. Atualmente, é amplamente aceita essa hipótese, que é conhecida como a “teoria do Mundo de RNA”.

O RNA é, portanto, uma molécula bastante flexível. Pode armazenar informação genética e, ao mesmo tempo, catalizar reações químicas e, portanto, possibilitar o metabolismo.

Em teoria, bastaria existir uma molécula de RNA que aumentasse a chance de que moléculas parecidas com ela fossem formadas para disparar a centelha da vida. A partir daí, os descendentes dessa molécula hipotética poderiam evoluir para formas mais complexas até os organismos atuais.

E como teria surgido a primeira molécula de RNA com capacidade de fazer réplicas de si mesma?

Os seres vivos atuais são demasiadamente complexos para imaginarmos que, por simples arranjos casuais, eles teriam surgido por uma combinação de moléculas simples. Uma molécula que tem capacidade catalítica dos organismos atuais teria uma probabilidade muito pequena de ter surgido por uma combinação casual.

O RNA é uma molécula polimérica, que resulta da polimerização de seus monômeros, ou seja, de ribonucleotídeos. Existem, nos organismos atuais, quatro tipos de nucleotídeos que são diferentes entre si na composição de suas bases nitrogenadas: a adenina, a citidina, a guanina e a uracila, representadas pelas letras A, C, G e U. Assim, a quantidade de sequências diferentes com um tamanho de apenas 10 nucleotídeos é um número muito elevado, que é o resultado de 4 elevado à décima potência. O resultado dessa conta é 1.048.576. Isso quer dizer que há mais de um milhão de possíveis moléculas de RNA com somente 10 ribonucleotídeos! Mas isso não quer dizer que somente uma molécula entre 1 milhão delas possui uma determinada propriedade. Um exame mais acurado das moléculas de RNA de organismos atuais mostra que o cálculo não é bem esse.

Se compararmos sequências de ribonucleotídeos que possuem uma determinada função de organismos atuais, verificamos que é comum que exista variação. Isso significa que existem muitas moléculas de RNA com sequências de nucleotídeos diferentes que desempenham a mesmíssima função. Além disso, sabemos que as grandes cadeias atuais de macromoléculas são resultado da combinação de sequências menores, que são aquelas que realmente têm a função catalítica.

Se o RNA foi a primeira “molécula viva”, em que a mesma molécula desempenhava as funções de material genético e de metabolismo, por que os organismos atuais possuem RNA, DNA e proteínas com divisão de tarefas?

Uma das características principais do RNA é a de ser bem menos estável quimicamente que o DNA. Atualmente, a hipótese mais aceita é a de que o papel de manutenção da função de transmissão do material genético pelo DNA seja mais recente. As proteínas também teriam passado a exercer grande parte das funções catalíticas pelo metabolismo secundariamente. As principais evidências disso são:

1. Muitas das funções-chave do metabolismo, como a síntese de proteínas, são catalisadas por moléculas de RNA.
2. A informação que passa do DNA para o RNA pelas polimerases do RNA também pode ser passada do RNA para o DNA, com a participação de transcriptases reversas, que usam o RNA como molde para a síntese de DNA.
3. Diversos cofatores (moléculas que participam de reações químicas na célula) são formados por ribonucleotídeos (ATP) ou possuem ribonucleotídeos em suas moléculas.
4. Existem vírus que possuem somente RNA como material genético.
5. O RNA tem uma importante função de regulação da atividade gênica, em especial os micro-RNAs, que são moléculas de cadeia curta.

As células atuais são sempre encapsuladas com um envoltório de natureza lipoproteica. Como elas poderiam ter surgido?

Esta é uma das questões que já foi resolvida há bastante tempo. Os lipídeos não se misturam com soluções aquosas, formando fases. Todos aqueles que tentaram misturar óleo de cozinha com água sabem muito bem disso. Entretanto, sob agitação, os lipídeos podem formar espontaneamente microgotículas, que podem ter água em seu interior.

Atividade

Questionário

Agora que você já leu acerca das hipóteses de origem da vida e desenvolvimento inicial da complexidade, leia a [matéria](#) no site ‘Hypescience’ e responda as seguintes perguntas:

1. Porque a constatação de que moléculas de RNA têm a capacidade de catalisar reações e se auto-replicar em tubo de ensaio pode nos ajudar a entender como a vida se originou?
2. Na hipótese de que a vida tenha se originado a partir de moléculas orgânicas auto-replicadoras, responda: uma vez que as primeiras moléculas replicadoras tenham

se originado, que processos devem ter impulsionado as alterações que se seguiram, bem como o seu aumento de complexidade ao longo do tempo até atingir um estágio que poderia ser chamado de “vida”?

Fórum

Vídeo Assista a [primeira parte do documentário](#) produzido pela “National Geographic” sobre a origem da vida (o documentário está todo disponível na net em 5 partes e se você quiser pode assistir o documentário inteiro!)

Você já conhecia a teoria do “mundo de RNA”? E a hipótese da “pangênese” para a origem da vida (apresentada na primeira parte do vídeo)? Você acha importante apresentar aos alunos em sala de aula as pesquisas e evidências acerca da origem da vida em nosso planeta a despeito de ser um assunto complexo? Você considera importante contrapor uma abordagem científica para acessar esse problema com abordagens alternativas? Discuta com os seus colegas acerca da importância deste tema.

