

# A EVOLUÇÃO QUÍMICA E O PROBLEMA DA ORIGEM DA VIDA — Uma nova secção do Boletim

Com Charles Darwin, cujo centenário da morte se comemorou recentemente, o conceito de **evolução** adquiriu estatuto científico. Tudo se passava então no âmbito da Biologia e ainda hoje quando falamos de evolução é muitas vezes para nos referirmos à evolução biológica, à evolução das espécies. No entanto, com o desenvolvimento das ciências, os diferentes problemas das origens (do Universo, das estrelas, do sistema solar, da vida, do homem,...) puderam passar a ser analisados de forma cada vez menos especulativa e o conceito de evolução passou a ser entendido de uma forma mais ampla, como descrição do processo geral de transformação da matéria no Universo. A evolução darwiniana, a evolução biológica, não é então senão um aspecto (ou uma etapa, ou uma fase) de um processo de evolução mais geral que designamos por **evolução cósmica**. Podemos dizer que a evolução cósmica inclui e relaciona diferentes processos como a formação dos átomos e moléculas no Universo, a formação das galáxias e das estrelas, a origem da vida e da inteligência, o desenvolvimento das sociedades, etc...

A designação de **Evolução Química** refere-se ao domínio da evolução cósmica que descreve a formação das moléculas no Universo: síntese molecular no espaço intersidial, formação de moléculas simples na atmosfera primitiva da Terra, formação de moléculas complexas e de polímeros orgânicos nos oceanos e nas interfaces oceano-continente na Terra primitiva.

Fará em breve 30 anos que Stanley Miller publicou os resultados das suas primeiras experiências em que produziu aminoácidos, os constituintes das proteínas, em condições de simulação do ambiente atmosférico da Terra primitiva. O desenvolvimento a que se assistiu durante estas últimas três décadas no âmbito das ciências ligadas com o estudo da Origem da Vida veio transformar este tema extremamente interdisciplinar num dos domínios mais interessantes da investigação científica actual. Embora tal estudo constitua o objecto de investigações envolvendo muitas vezes conceitos, metodologias e equipamentos muito complexos, verifica-se que actualmente esta temática interessa não só um número cada vez maior de cientistas (envolvidos ou não neste tipo de investigação) como também desperta grande curiosidade no cidadão comum. Uma vez que a curiosidade constitui uma saudável motivação para a aquisição do conhecimento e da cultura, assiste-se hoje, um pouco por toda a parte, a uma apreciável movimentação no sentido da di-

vulgação da situação actual do pensamento científico neste campo, muitas vezes sob a forma de programas televisivos e da introdução da temática da evolução e da origem da vida nos programas do ensino secundário e superior.

Também em Portugal a temática da evolução cósmica (e da evolução química em particular) começa a interessar um número apreciável de pessoas ligadas ao ensino e à investigação, tanto no domínio das ciências ditas exactas como no das ciências humanas (do que é um exemplo a afluência que se verificou na série de conferências intitulada «A Química e a Vida», recentemente promovida pela nossa sociedade). É neste contexto que surge o projecto de criar neste Boletim uma secção na qual se procurarão tratar, de um ponto de vista formativo, determinados tópicos relacionados com a Origem da Vida e em particular aqueles que têm a ver com a **Evolução Química**. Neste contexto contamos publicar uma série de textos de natureza didáctica sobre aspectos gerais, textos esses em que se abordarão problemas como o da origem dos elementos, o da evolução química no espaço, no sistema solar, na Terra primitiva. Será esta a coluna vertebral da Secção, em que a abordagem química dos problemas será a nota dominante. Está também prevista a publicação de pequenos textos sobre problemas muito específicos relacionados com a Origem da Vida (e de carácter eventualmente não químico), assim como entrevistas e textos de carácter geral escritos por investigadores de nomeada nestes domínios. Procuraremos ainda dar uma atenção particular à interface entre o estudo da evolução química e o ensino da Química.

Um dos objectivos da criação no Boletim da SPQ desta secção é o de dar resposta a um interesse latente que pensamos existir, relativamente a esta problemática, em grande número de membros desta sociedade. No entanto, o prosseguimento deste projecto só terá sentido e só poderá ser levado a cabo em boas condições em contacto directo com os interessados através das suas sugestões e críticas, da sua colaboração. Aguardamos esse contacto.

António LOPES VIEIRA, I.S.T.  
Hernani MAIA, U. do Minho  
Joaquim José MOURA RAMOS, I.S.T.

# PONTOS DE VISTA MODERNOS SOBRE AS ORIGENS DA VIDA

François RAULIN(\*)

## Introdução

Durante séculos, a única teoria aceite sobre a Origem da Vida no nosso planeta foi o dogma da geração espontânea. A despeito de vários trabalhos entretanto realizados, em particular os de JOBLIN no século XVIII, a crença numa geração espontânea, pelo menos para o mundo vivo microscópico, ainda subsistia, em plenos meados do século XIX. Foi necessário esperar até 1862 pela célebre experiência de PASTEUR, para que este dogma fosse finalmente abandonado e para que a questão da origem dos seres vivos pudesse pôr-se claramente. Aliás nesta mesma época, DARWIN acabava de introduzir a noção de Evolução Biológica, permitindo assim uma simplificação importante da questão da Origem da Vida: o problema passou desde então a consistir em se explicar a origem de algumas espécies vivas primitivas extremamente simples.

Existem actualmente várias teorias sobre a origem destes primeiros sistemas vivos. Algumas pessoas inclinam-se para a ideia geral da Panspermia, desenvolvida por volta de 1900 pelo químico ARRHENIUS. Outras pessoas pendem para a teoria da Evolução Química, estabelecida nos anos 1920-1930 por OPARIN e HALDANE.

## Panspermia

Segundo ARRHENIUS, a vida teria aparecido na Terra na sequência duma sementeira de matérias vivas extraterrestres transportadas para a Terra pelas radiações cósmicas. ARRHENIUS admitia que a geração da vida deveria ser eterna, o que suprimia muito simplesmente o problema da origem desta semente viva. A ideia da panspermia não é defendida actualmente, senão por alguns investigadores, mas não pode ser totalmente posta à margem. Com efeito, se por um lado parece muito provável que qualquer germe da Vida não poderia suportar a uma viagem interestelar, devido às radiações mortais a que teria de submeter-se, por outro lado este germe, encerrado num meteorito ou no coração dum cometa, poderia sobreviver durante a viagem. Assim, para HOYLE e WICKAMASINGHE estes germes da Vida teriam sido formados espontaneamente nas núvens interestelares ou nos cometas e teriam sido transportados por estes para a Terra. Estes autores também supõem que actualmente o nosso planeta ainda é objecto desta sementeira, o que permitiria mesmo explicar a origem de certas epidemias! Sem ir tão longe nas especulações, é necessário entretanto notar que as núvens interestelares e os cometas são de facto sede duma Química orgânica que poderá ser relativamente complexa. A lista das moléculas interestelares já conhecidas compreende mais de 50 compostos dos quais uma quarentena são moléculas orgânicas. Compostos orgânicos, entre os quais HCN, estão também verosimil-

mente presentes nos cometas, e isto sugere que muitos compostos de interesses bioquímico, em particular bases heterocíclicas como a adenina, poderiam encontrar-se no núcleo dos cometas (as futuras missões a cometas deverão trazer informações muito importantes, entre outras, sobre a natureza dos compostos orgânicos do núcleo dos cometas). Para CRICK, a panspermia teria sido dirigida — os germes vivos teriam semeado a Terra, há mais de 3,5 mil milhões de anos, a partir duma sonda enviada por uma civilização extra-terrestre avançada. É necessário porém precisar que, dirigida ou não dirigida, a teoria da panspermia não faz senão relegar para longe o problema da origem do sistema vivo primitivo.

## Evolução química

Com efeito, o cenário actualmente mais geralmente aceite é ainda o de OPARIN e HALDANE. Este considera uma longa evolução química terrestre, da matéria inerte para o ser vivo, passando pela formação de compostos orgânicos cada vez mais complexos. Podem distinguir-se esquematicamente as etapas seguintes:

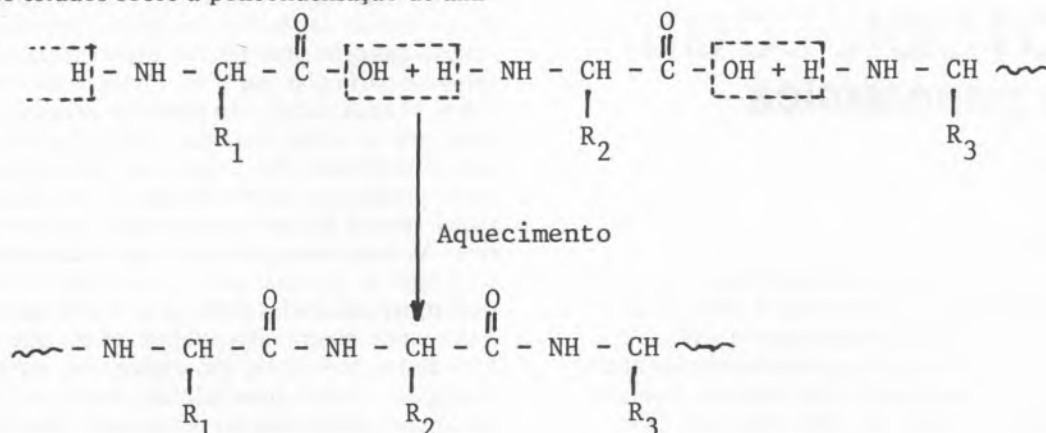
- 1/ Há 4,5 mil milhões de anos, a evolução da atmosfera terrestre primitiva, diferente da atmosfera actual, sob a influência de energias variadas, conduz à formação, entre outros, de compostos orgânicos simples e voláteis.
- 2/ Estes compostos, verdadeiros "precursores atmosféricos", principalmente o formaldeído (HCHO) e o cianeto de hidrogénio (HCN), após dissolução em água evoluem dando moléculas orgânicas mais complexas, em particular os monómeros bioquímicos: aminoácidos, bases heterocíclicas e açúcares.
- 3/ Os monómeros condensam-se em polímeros de interesse biológico (peptídeos e polinucleótidos).
- 4/ O aparecimento duma fase orgânica separada da fase aquosa permite a diferenciação dos compostos. Aparecem coacervatos (ou microsferas).
- 5/ A complexidade do meio aumenta, permitindo o estabelecimento de processos autocatalíticos. Aparecem estruturas organizadas conduzindo à formação de sistemas auto-reprodutores e aos primeiros sistemas vivos primitivos, há mais de 3,5 mil milhões de anos.

Esta última fase da Evolução Química é ainda praticamente desconhecida. Em oposição, as quatro precedentes já deram lugar a numerosos trabalhos experimentais e teóricos, depois da experiência presentemente célebre de Stanley MILLER, cujos primeiros resultados foram publicados em 1953 na revista "Science". Os dados adquiridos até ao presente consubstanciam o esquema geral da Evolução Química. Todavia, claro, mesmo se nos limitarmos às primeiras etapas, muitas questões ainda estão por resolver.

A primeira questão diz respeito à composição da atmosfera da Terra primitiva. A nova ortodoxia neste domínio é a hipótese duma atmosfera neutra, composta principalmente por  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ . Ora, se bem que muito poucas experiências tenham sido efectuadas em misturas deste tipo, um tal modelo não parece de todo eficaz para a síntese dos precursores atmosféricos, como HCHO e principalmente HCN. Em particular, a incorporação do azoto nos compostos orgânicos prebióticos, a partir de modelos **não redutores** de atmosferas, constitui um problema não resolvido.

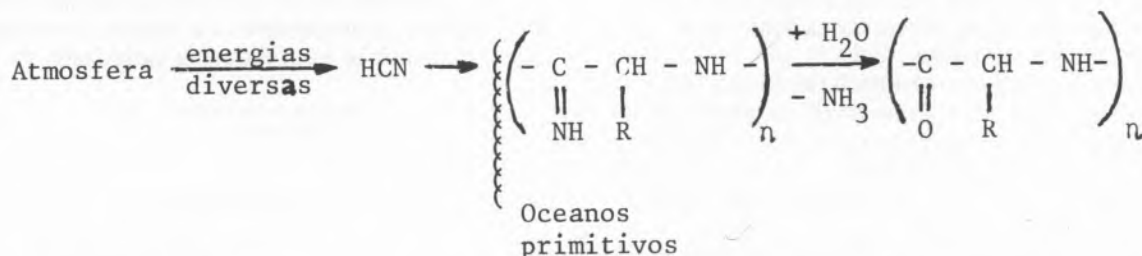
No entanto, não estamos a referir neste momento senão a síntese dos tijolos de ser vivo: estes tijolos ainda têm de ser montados! Ora um outro problema relaciona-se justamente com a formação dos polipéptidos. Os resultados dos estudos sobre a policondensação de ami-

noácidos têm sido muitas vezes decepcionantes neste contexto, uma vez que necessitam de condições de concentração elevada de aminoácidos, a fim de permitirem a formação de ligações peptídicas:



Com efeito os trabalhos de FOX e os últimos trabalhos de DOSE mostram que esta via de síntese pode conduzir a polímeros pseudo-peptídicos que apresentariam uma ordenação não aleatória. Estes polímeros têm uma propriedade notável: colocados em água, em certas condições particulares de pH, dão estruturas assaz ordenadas parecendo-se com células: as microsferas.

Assinalemos que também é considerada uma outra possível via de síntese, em particular por MATTHEWS. Este autor pensa que a polimerização de certos precursores atmosféricos, tais como HCN, deve produzir directamente heteropolipéptidos. Estes seriam destruídos durante o processo analítico e hidrolizados em aminoácidos que seriam, só eles, detectados nas experiências do tipo da experiência de MILLER:



Com o esquema de MATTHEWS, não será mais necessário recorrer-se a uma etapa de policondensação de aminoácidos, difícil de explicar em solução aquosa. Todavia, a estrutura dos polímeros de HCN não é ainda bem conhecida e a possibilidade duma tal via directa continua muito contestada.

Também é necessário citar os trabalhos extremamente encorajantes obtidos a partir de 1980 pela equipa de ORGEL sobre a síntese prebiótica de polinucleótidos. Esta equipa, utilizando a acção catalítica de certos cationes metálicos ( $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ) conseguiu sintetizar oligómeros compreendendo mais de 50 nucleótidos.

Se se consideram as etapas ulteriores de Evolução Química, surgem numerosas questões dizendo respeito, por exemplo, ao problema da origem da quiralidade ou da do código genético. Duma maneira geral, a este nível da Evolução Química, o problema apresenta dois aspectos: — encontrar-se o tipo da informação “química” que apareceu sobre a Terra primitiva, e o seu suporte, — e — compreenderem-se os factores que impediram a dispersão desta informação. Para A. BLACK, estruturas peptídicas capazes de formarem folhas  $\beta$  teriam podido desempenhar esta função de suporte.

## Conclusão

As investigações realizadas posteriormente às primeiras experiências de MILLER em 1953, mostraram

uma tendência para os meios primordiais muito simples se complicarem consideravelmente, em direcção aos sistemas biológicos, quando submetidos a um fluxo de energia.

A síntese dos constituintes básicos do ser vivo ou a dos seus precursores, nas condições terrestres primitivas, aparece hoje como um fenómeno obrigatório, desde que um número mínimo de condições físico-químicas seja satisfeito.

Enfim, estas conclusões são largamente confirmadas pela descoberta da existência duma cosmoquímica do carbono de que, ainda há menos de 30 anos, não se suspeitava, e particularmente posta em evidência pela detecção na atmosfera de Titan de HCN,  $(\text{CN})_2$  e  $\text{CH} \equiv \text{C} \text{---} \text{CN}$ , três compostos de interesse biológico.

A química orgânica que se desenvolve à periferia deste satélite de Saturno é sem dúvida muito semelhante à que se desenvolveu na Terra há 4,5 mil milhões de anos. Assim, o estudo de Titan deverá fornecer informações preciosas no que respeita ao problema da origem da Vida na Terra, e mais geralmente no Universo.

(\*) O AUTOR: O Doutor François Raulin é professor da Universidade de Paris Val de Marne e director do grupo de **Evolução Química-Exobiologia** do Laboratório da Química Física do Ambiente da mesma Universidade.