

[Ian Musgrave - Ment danadas estat probab abiog]

Mentiras, mentiras danadas, estatísticas e a probabilidade da abiogênese

Tradução de [Lies. Damned Lies. Statistics. and Probability of Abiogenesis Calculations](#)

por Ian Musgrave

(última atualização: 21 de dezembro de 1998)

Índice

[Introdução](#)

[Problemas com os cálculos "é tão improvável" dos criacionistas](#)

[Um glóbulo protoplásmico primordial](#)

[O mito da "sequência da vida"](#)

[Lançamento de moeda para iniciantes e montagem de macromoléculas](#)

[Espaço de busca, ou quantas agulhas há no palheiro?](#)

[Conclusão](#)

[Referências](#)

[Livros Úteis](#)

[Links](#)

[Reconhecimento](#)

[Glossário](#)

Introdução

Com alguma frequência, sempre tem alguém a afirmar que "a formação de qualquer enzima por acaso é praticamente impossível, portanto a abiogênese é impossível". Geralmente eles citam um [cálculo bastante impressionante](#) feito pelo astrofísico Fred Hoyle, ou então falam sobre uma tal de " [Lei de Borel](#) " para provar que a vida é estatisticamente impossível. Estas pessoas, incluindo Fred Hoyle, cometeram um ou mais dos erros discutidos abaixo.

Problemas com os cálculos "é tão improvável" dos criacionistas

1. Eles calculam a probabilidade de formação de uma proteína "moderna", ou mesmo uma bactéria completa com todas as proteínas "modernas", por eventos aleatórios. Isto não é a [teoria](#) da abiogênese.
2. Eles assumem que há um número fixo de [proteínas](#), com sequências fixas para cada proteína, que são necessárias à vida.
3. Eles calculam a probabilidade de tentativas [em sequência](#) em vez de tentativas simultâneas.
4. Eles não compreendem corretamente o que significa um cálculo de [probabilidades](#).
5. Eles subestimam seriamente o número de enzimas/ribozimas funcionais presentes em um grupo de [sequências](#) aleatórias.

Vamos examinar cada um destes vários erros, e mostrar por que não é possível fazer um cálculo de "probabilidade da abiogênese" de qualquer maneira significativa.

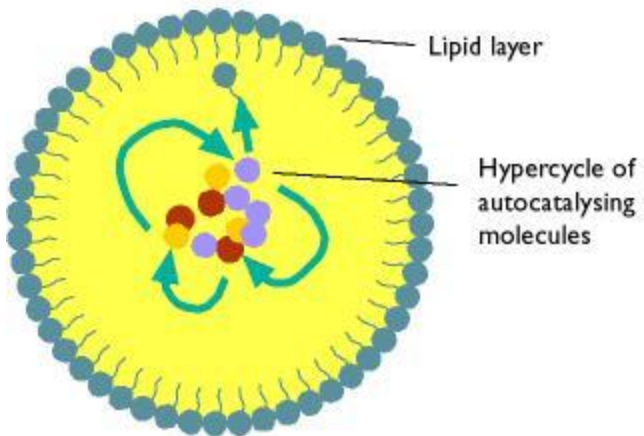
Um glóbulo protoplásmico primordial

Diz o cálculo deles que a probabilidade de formar uma proteína longa de 300 aminoácidos (uma enzima como a carboxipeptidase) aleatoriamente é de $(1/20)^{300}$ ou uma chance em $2,04 \times 10^{390}$, que é fantasticamente improvável. Este cálculo é então refinado com o acréscimo da probabilidade de gerar mais ou menos 400 outras enzimas similares até que se chega a um número que é tão grande que apenas a sua contemplação faz com que o seu cérebro comece a pingar pelas orelhas. Isto dá a impressão que a formação de mesmo o menor organismo pareça totalmente impossível. Entretanto, este cálculo está completamente incorreto.

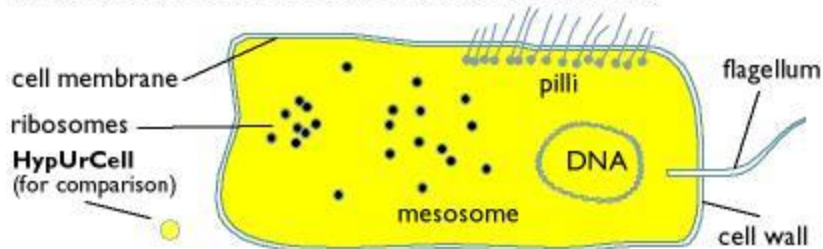
Primeiro, a formação de polímeros biológicos a partir de monômeros é uma função das leis da química e da bioquímica, e estas decididamente **não** são aleatórias.

Segundo, a premissa inteira está errada já no começo, por que nas teorias modernas da abiogênese as primeiras "coisas vivas" devem ser bem mais simples, nem mesmo uma protobactéria, ou preprotobactéria (o que Oparin chamou protobionte e Woese chamou de progenota), mas uma ou mais moléculas simples que tinham provavelmente não mais que 30-40 subunidades de tamanho. Estas moléculas simples então lentamente evoluíram para sistemas auto-replicantes mais cooperativos, então finalmente para organismos simples. Uma ilustração comparando um protobionte hipotético e uma bactéria moderna é dada abaixo.

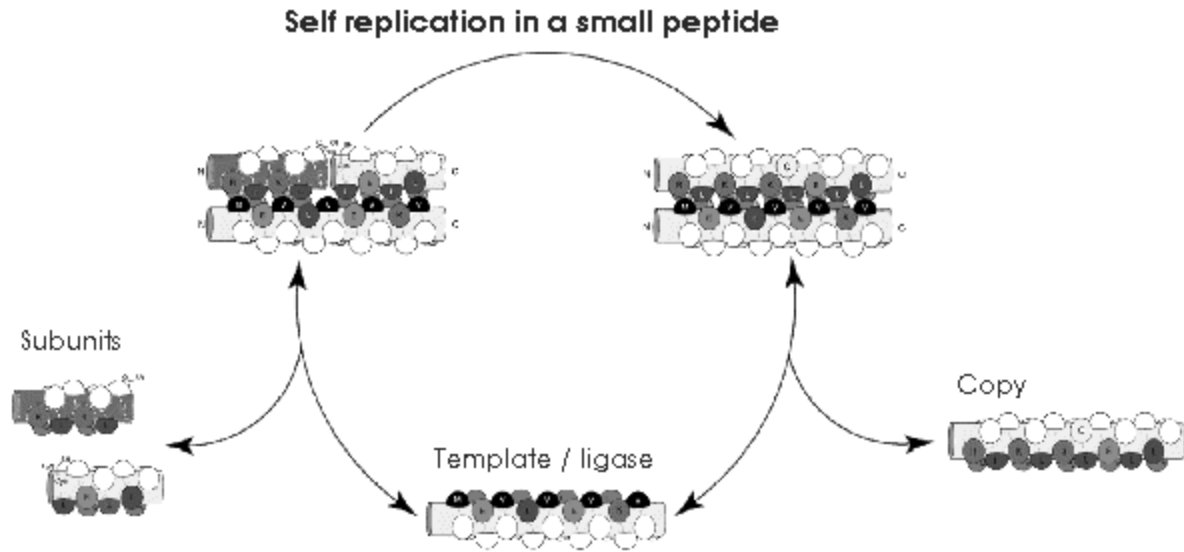
A Hypothetical Ur Cell (HypUrCell)



A general prokaryote cell (cell without a nucleus)



A primeira "coisa viva" poderia ter sido *uma única* molécula auto replicante, similar ao peptídeo "auto-replicante" do grupo Ghadiri, ou o hexanucleotídeo auto replicante, ou possivelmente uma polimerase RNA que atua sobre si mesma.

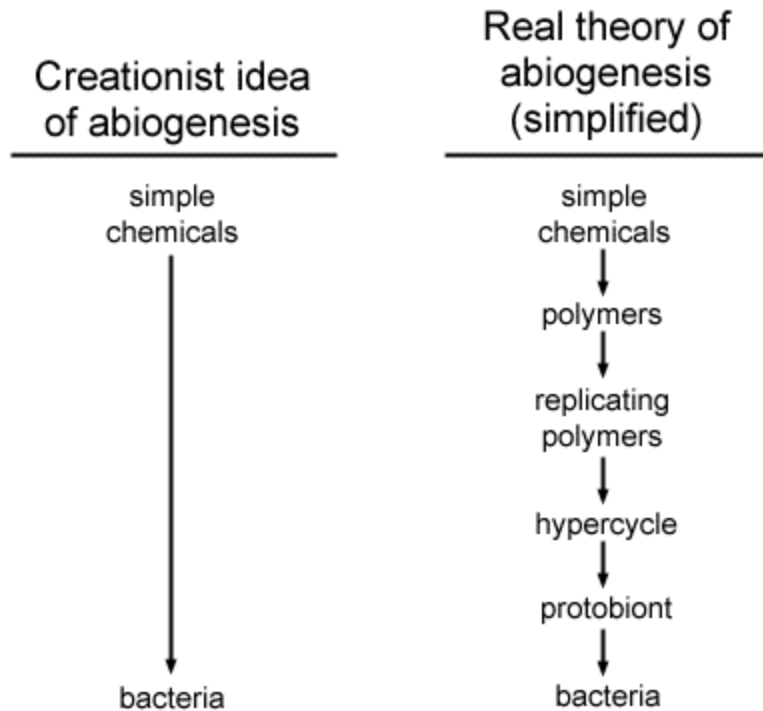


Self replication in the Lee et al peptide, two subunits bind to the original peptide then are ligated and a new copy released.
 modified from Lee et al, Curr Opin Chem Biol, 1, 491-496, 1997

Outra visão é que os primeiros auto-replicantes foram grupos de catalisadores, ou enzimas proteicas, ou ribozimas de RNA, que regeneravam a si mesmas como ciclo catalítico. Um exemplo é o auto replicador do grupo SunY. Estes ciclos catalíticos poderiam estar limitados em um pequeno lago ou lagoa, ou ser um complexo catalítico absorvido ou pela argila ou material lipídico na argila. Dado que existem muitas sequências catalíticas em um grupo de peptídeos aleatórios ou polinucleotídeos (veja abaixo), não é improvável que um pequeno complexo catalítico se forme.

Estes dois modelos não são mutuamente exclusivos. O peptídeo Gharidi pode sofrer mutação e formar ciclos catalíticos.

Não importa se os primeiros auto-replicantes eram moléculas simples, ou complexos de moléculas simples, este modelo não é nada parecido com o "tornado em um depósito de ferro velho fazendo um 747". Só para reforçar esta prosa, aqui vai uma comparação simples da teoria criticada pelos criacionistas, e a teoria da abiogênese verdadeira.



Note que a teoria real possui vários passos menores, mesmo deixando alguns passos de fora (especialmente entre o estágio hiperciclo-protobionte) por simplicidade. Cada passo é associado com um pequeno aumento em organização e complexidade, e os compostos químicos lentamente avançam em direção aos compostos de um organismo, em vez de fazer um grande salto.

De onde a idéia criacionista de que os organismos modernos se formam espontaneamente veio não é bem certo. A primeira formulação da abiogênese moderna, a hipótese de Oparin/Haldane dos anos 1920, começa com proteínas/proteinóides simples desenvolvendo-se lentamente em células. mesmo as idéias que circulavam nos anos 1850 não eram teorias "espontâneas". O mais próximo que eu cheguei são as idéias originais de *Lamarck* em 1803!

Considerando que os criacionistas estão criticando uma teoria que já está atrasada no tempo 150 anos, que não é sustentada por nenhum biólogo evolucionista moderno, por que ir adiante? Por que existem alguns problemas fundamentais em [estatística](#) e [bioquímica](#) que aparecem nestas "refutações" equivocadas.

O mito da "sequência da vida"

Outra alegação ouvida com frequência é a de que há uma "sequência da vida" de 400 proteínas, e que as sequências de aminoácidos destas proteínas não podem ser diferentes, para o organismo estar vivo.

Isto é, entretanto, besteira. A alegação das 400 proteínas parece vir da codificação do genoma do *Mycobacterium genitalium*, que possui o menor genoma atualmente conhecido entre todos os organismos modernos. Entretanto, a inspeção do genoma sugere que ele poderia ser reduzido a um conjunto genético mínimo de 256 proteínas. Note novamente que este é um organismo *moderno*. O primeiro protobionte/progenota seria ainda menor, e precedido por sistemas químicos ainda mais simples.

Sobre a alegação de que as sequências de proteínas não podem ser mudadas, novamente isto é besteira. Nas proteínas há regiões onde praticamente qualquer aminoácido pode ser substituído, e outras regiões onde substituições conservativas (onde aminoácidos carregados podem ser trocados por outros aminoácidos carregados, neutros por outros aminoácidos neutros e aminoácidos hidrofóbicos por outros aminoácidos hidrofóbicos) podem ser feitas. Algumas moléculas funcionalmente equivalentes podem ter entre 30-50% de diferença de aminoácido. De fato é possível substituir proteínas bacterianas estruturalmente não idênticas, e proteínas de [vermes](#), por proteínas humanas, e os organismos continuam a viver felizes.

A "sequência da vida" é um mito.

Lançamento de moeda para iniciantes e montagem de macromoléculas

Vamos fazer o jogo dos criacionistas e ver como dá para formar um peptídeo pela adição aleatória de aminoácidos. Esta certamente não é a forma que os peptídeos se formaram na Terra primitiva, mas será instrutivo.

Eu vou usar como exemplo o peptídeo "auto-replicante" do grupo Ghadiri mencionado acima. Eu poderia usar outros exemplos, como o auto-replicador hexanucleotídeo, o auto-replicador SunY ou a polimerase RNA descrita pelo grupo Eckland, mas para continuidade histórica com as alegações criacionistas um peptídeo pequeno é o ideal. Este peptídeo tem 32 aminoácidos com uma sequência RMKQLEEKVYELLSKVACLEYEVARLKKVGE e é uma enzima, uma ligase peptídea que faz cópias de si mesma a partir de duas subunidades de 16 aminoácidos cada. É também de tamanho e composição que é apropriada para ter se formado pela síntese peptídica abiótica. O fato que é um auto replicador é só para ironizar.

A probabilidade de gerar este peptídeo em tentativas aleatórias sucessivas é de $(1/20)^{32}$,  ou uma chance em $4,29 \times 10^{40}$.  Isto é muito, muito mais provável que o cenário criacionista de 1 em $1,204 \times 10^{390}$  para a "geração da carboxipeptidase aleatoriamente", mas ainda parece absurdamente baixa a probabilidade.

Entretanto, há um outro lado nestas estimativas de **probabilidade**, ele está ligado ao fato que a maior parte de nós não tem uma intuição para estatística. Quando alguém nos diz que algum

evento tem uma chance em um milhão de acontecer, muitos de nós acham que um milhão de tentativas devem ser feitas antes do evento acontecer, mas isto está errado.

Aqui tem uma experiência que você mesmo pode fazer: pegue uma moeda, lance ela quatro vezes, e escreva os resultados, então repita-os. Quantas vezes você acha que terá que repetir este procedimento (tentativa) antes de conseguir 4 caras em sequência?

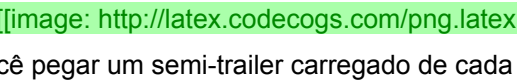
A probabilidade de 4 caras em sequência é $(1/2)^4$, ou uma chance em 16: temos que fazer 16 tentativas para conseguir 4 caras (HHHH)? Não. Em experimentos sucessivos eu consegui 11, 10, 6, 16, 1, 5 e 3 lançamentos para conseguir HHHH. O número 1 em 16 (ou 1 em um milhão ou 1 em 10^{40}) dá a probabilidade de um evento em uma tentativa, mas não diz *onde* ele vai aparecer em uma série. Você pode obter HHHH na *primeira* tentativa (eu fiz). Mesmo se a chance for de 1 em $4,29 \times 10^{40}$, um auto-replicador pode ter surgido surpreendentemente cedo. Mas há mais.

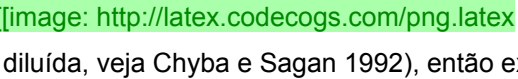
Uma chance em $4,29 \times 10^{40}$ ainda é orgulhosamente improvável; é difícil lidar com este número. Mesmo com o argumento acima (que você pode obter este resultado na primeira tentativa) muitas pessoas dirão "*certamente* vai levar mais tempo do que a existência da Terra para que este replicador surja por métodos aleatórios". Na verdade, não; nos exemplos acima estávamos examinando as tentativas em sequência, como se houvesse somente uma proteína/DNA/proto-replicador sendo montado por tentativa. Na realidade devem haver bilhões de tentativas *simultâneas* à medida que os bilhões de moléculas de montagem interagem nos oceanos, ou nos milhares de quilômetros de praias que poderiam fornecer superfícies catalíticas ou padrões.

Voltemos ao nosso exemplo das moedas. Digamos que leve um minuto para lançar a moeda 4 vezes; para gerar HHHH seriam necessários em média 8 minutos. Agora consiga 16 amigos, cada um com uma moeda, e peça para cada um deles lançar a moeda simultaneamente 4 vezes; o tempo médio para gerar HHHH é agora 1 minuto. Agora tente lançar e obter 6 caras em série - a probabilidade será de $(1/2)^6$, ou uma chance em 64. Isto levaria meia hora em média, mas se você conseguir recrutar 64 pessoas, a série pode sair em um minuto. Se você quiser uma série que tem uma chance em um bilhão, basta recrutar a população da China para lançar moedas para você, e você terá esta sequência em tempo mínimo.

Assim, se nossa terra prebiótica tivermos um bilhão de peptídeos crescendo simultaneamente, isto irá reduzir o tempo levado para gerar nosso replicador significativamente.

Certo, você está olhando para aquele número novamente, uma chance em $4,29 \times 10^{40}$,  este é um número *grande*, e apesar de um bilhão de moléculas de partida ser bastante moléculas, será que conseguiremos moléculas suficiente para que nosso replicador seja aleatoriamente montado em menos de meio bilhão de anos?

Sim, *um quilograma* do aminoácido arginina possui $2,85 \times 10^{24}$ moléculas (bem mais que um bilhão de bilhão); uma tonelada de arginina possui $2,85 \times 10^{27}$  moléculas. Se você pegar um semi-trailer carregado de cada aminoácido e jogar ele em um lago de tamanho médio, você terá moléculas suficientes para gerar nosso replicador particular em algumas poucas décadas, dado que você pode fazer proteínas com 55 aminoácidos em 1 a 2 semanas.

E como isto se relaciona com a nossa Terra prebiótica? Na Terra primordial é provável que o oceano tivesse um volume de 10^{24}  litros. Dada uma concentração de aminoácidos de 1×10^{-6}  M (uma sopa moderadamente diluída, veja Chyba e Sagan 1992), então existem mais ou menos 1×10^{50} potenciais cadeias iniciais, então um número eficiente de ligases peptídeas (cerca de 1×10^{31}) podem ser produzidas em menos de um *ano*, que dirá em um milhão de anos. A síntese de auto-replicantes primitivos pode acontecer rapidamente, mesmo dando uma probabilidade de 1 chance em $4,29 \times 10^{40}$ (e lembre-se, nosso replicador pode ser sintetizado logo na primeira tentativa).

Assuma que demore uma semana para gerar uma sequência. Então a ligase Ghadiri pode ser gerada em uma semana, e qualquer sequência citocromo C pode ser gerada em um pouco mais de um milhão de anos (e com ela cerca de metade de todas as 101 sequências peptídeas possíveis, uma grande porção delas será uma proteína funcional de algum tipo).

Apesar de eu ter usado a ligase Ghadiri como exemplo, como eu mencionei acima os mesmos cálculos podem ser executados para o auto-replicador SunY, ou a polimerase RNA Ekland. Eu deixo estes cálculos como exercício para o leitor, mas a conclusão geral (você pode fazer montanhas de coisas em pouco tempo) é a mesma para este oligonucleotídeos.

Espaço de busca, ou quantas agulhas há no palheiro?

Eu demonstrei que a geração de uma *dada* enzima não é de uma dificuldade assoberbante como os criacionistas (e Fred Hoyle) sugerem. Outro mal-entendido é que as pessoas sentem que o número de enzimas/ribozimas, que dirá as polimerases de RNA ribozimal ou qualquer forma de auto-replicante, representam uma configuração bastante improvável e que as chances da formação de uma única enzima/ribozima, que dirá um número delas, a partir da adição aleatório de aminoácidos/nucleotídeos é bem pequena.

Entretanto, uma análise feita por Eklund sugere que no espaço de sequência de sequências de RNA de 220 nucleotídeos, um número assombroso de $2,5 \times 10^{112}$ sequências são ligases eficientes. Nada mau para um composto que se pensava anteriormente ser apenas estrutural. Voltando ao nosso oceano primitivo de 10^{24} litros, e assumindo uma concentração de nucleotídeos de 1×10^{-7} M, então existem aproximadamente 1×10^{49} potenciais cadeias de nucleotídeos, tal que um bom número de ligases RNA eficientes (cerca de 10^{34}) podem ser produzidas em *um ano*, que dirá em um milhão de anos. O número potencial de polimerases RNA também é alto; cerca de uma em cada 10^{20} sequências é uma polimerase RNA. Considerações similares se aplicam às transferases acil-ribossomais (cerca de 1 em cada 10^{15} sequências), e síntese nucleotídea ribozimal.

De forma semelhante, de todas as 10^{130} possíveis proteínas de 100 unidades, $3,8 \times 10^{61}$ representam apenas o citocromo C! Existem muitas enzimas funcionais no espaço de busca de peptídeos/nucleotídeos, então parece provável que a montagem de uma enzima funcional pode ser feita em uma sopa da Terra prebiótica.

Portanto, mesmo com números mais realistas (e mais estonteantes), a montagem aleatória de aminoácidos para sistemas que "suportam a vida" (tanto para hiperciclos baseados em enzimas proteicas, quanto sistemas de um mundo RNA, ou coevolução de enzimas proteicas ou ribozimas de RNA) parece ser completamente factível, mesmo com números pessimistas para as concentrações originais de monômeros e tempos de síntese.

Conclusão

A própria premissa dos cálculos de probabilidade dos criacionistas está errada em primeiro lugar porque ela tenta refutar a teoria errada. Além disso, este argumento é geralmente cimentado com falácias estatísticas e biológicas.

Atualmente, como não temos idéia do quão provável é a vida, é virtualmente impossível dar qualquer probabilidade relevante para qualquer dos passos da vida exceto os dois primeiros (monômeros para polímeros, $p=1,0$, formação de polímeros catalíticos, $p=1,0$). Dos polímeros replicantes à transição de hiperciclo, é bastante possível que a probabilidade seja 1,0, se Kauffman estiver certo sobre o fechamento catalítico e seus modelos de transição de fase, mas isto precisa de química real e um modelamento mais detalhado para ser confirmado. Para a transição de hiperciclo para protobionte, a probabilidade depende de conceitos teóricos ainda em desenvolvimento, e é desconhecida.

Entretanto, no fim a probabilidade da vida depende da química e bioquímica que ainda estamos estudando, não do lançamento de moedas.

Referências

Nota: estas referências estão no texto original e não foram copiadas na tradução, se alguém está interessado em saber a que trecho do artigo cada referência está ligada, queira visitar o artigo original.

[1] Unrau PJ, and Bartel DP, RNA-catalysed nucleotide synthesis. Nature, 395: 260-3, 1998

[2] Orgel LE, Polymerization on the rocks: theoretical introduction. Orig Life Evol Biosph, 28: 227-34, 1998

- [3] Otsuka J and Nozawa Y. Self-reproducing system can behave as Maxwell's demon: theoretical illustration under prebiotic conditions. *J Theor Biol*, 194, 205-221, 1998
- [4] Woese C, The universal ancestor. *Proc Natl Acad Sci USA*, 95: 6854-6859.
- [5] Varetto L, Studying artificial life with a molecular automaton. *J Theor Biol*, 193: 257-85, 1998
- [6] Wiegand TW, Janssen RC, and Eaton BE, Selection of RNA amide synthases. *Chem Biol*, 4: 675-83, 1997
- [7] Severin K, Lee DH, Kennan AJ, and Ghadiri MR, A synthetic peptide ligase. *Nature*, 389: 706-9, 1997
- [8] Ruse M, The origin of life, philosophical perspectives. *J Theor Biol*, 187: 473-482, 1997
- [9] Lee DH, Severin K, Yokobayashi Y, and Ghadiri MR, Emergence of symbiosis in peptide self-replication through a hypercyclic network. *Nature*, 390: 591-4, 1997
- [10] Lee DH, Severin K, and Ghadri MR. Autocatalytic networks: the transition from molecular self-replication to molecular ecosystems. *Curr Opinion Chem Biol*, 1, 491-496, 1997
- [11] Di Giulio M, On the RNA world: evidence in favor of an early ribonucleopeptide world. *J Mol Evol*, 45: 571-8, 1997
- [12] Eklund EH, and Bartel DP, RNA-catalysed RNA polymerization using nucleoside triphosphates. *Nature*, 383: 192, 1996
- [13] Lohse PA, and Szostak JW, Ribozyme-catalysed amino-acid transfer reactions. *Nature*, 381: 442-4, 1996
- [14] Ferris JP, Hill AR Jr, Liu R, and Orgel LE, Synthesis of long prebiotic oligomers on mineral surfaces [see comments]. *Nature*, 381: 59-61, 1996
- [15] Lazcano A, and Miller SL, The origin and early evolution of life: prebiotic chemistry, the pre- RNA world, and time. *Cell*, 85: 793-8, 1996
- [16] Ertem G, and Ferris JP, Synthesis of RNA oligomers on heterogeneous templates. *Nature*, 379: 238-40, 1996

[17] Lee DH, Granja JR, Martinez JA, Severin K, and Ghadri MR, A self-replicating peptide. *Nature*, 382: 525-8, 1996

[18] Joyce GF, Building the RNA world. *Ribozymes. Curr Biol*, 6: 965-7, 1996

[19] Ishizaka M, Ohshima Y, and Tani T, Isolation of active ribozymes from an RNA pool of random sequences using an anchored substrate RNA. *Biochem Biophys Res Commun*, 214: 403-9, 1995

[20] Mushegian AR and Koonin, EV, A minimal gene set for cellular life derived by comparison of complete bacterial genomes. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 93: 10268-10273.

[21] Ekland EH, Szostak JW, and Bartel DP, Structurally complex and highly active RNA ligases derived from random RNA sequences. *Science*, 269: 364-70, 1995

[22] Breaker RR, and Joyce GF, Emergence of a replicating species from an in vitro RNA evolution reaction. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 91: 6093-7, 1994

[23] Chyba C and Sagan C, Endogenous production, exogenous delivery and impact-shock synthesis of organic molecules: an inventory for the origins of life. *Nature*, 355: 125-32., 1992

[24] Doudna JA, Couture S, and Szostak JW, A multisubunit ribozyme that is a catalyst of and template for complementary strand RNA synthesis. *Science*, 251: 1605-8, 1991

[25] Lahav N, Prebiotic co-evolution of self-replication and translation or RNA world? *J Theor Biol*, 151: 531-9, 1991

[26] Stadler PF, Dynamics of autocatalytic reaction networks. IV: Inhomogeneous replicator networks. *Biosystems*, 26: 1-19, 1991

[27] Eigen M, Gardiner W, Schuster P, and Winkler-Oswatitsch R, The origin of genetic information. *Sci Am*, 244: 88-92, 96, et passim, 1981

[28] Eigen M, and Schuster P, The hypercycle. A principle of natural self-organization. Springer-Verlag, isbn 3-540-09293, 1979

[29] Yockey HP, On the information content of cytochrome c. *J Theor Biol*, 67: 345-76, 1977

Livros Úteis

Statistics at Square One, T.D.V. Swinscow, 8th Edition Paperback, Published by Amer College of Physicians, 1983, ISBN: 0727901753

Evolution from Space, F Hoyle and Wickramasinghe, JM Dent and sons, London, 1981

Vital Dust: Life As a Cosmic Imperative, by Christian De Duve, Basic Books 1995, ISBN: 0465090451

The Major Transitions in Evolution, Maynard Smith J & Szathmary E, 1995, WH Freeman, ISBN: 0716745259

The Origins of Order: Self Organization and Selection in Evolution. By Stuart Kauffman, S. A. (1993) Oxford University Press, NY, ISBN: 0195079515.

At Home in the Universe. By Stuart Kauffman, 1995) Oxford University Press, NY.

Links

- [Creation Column: Evolutionary Improbabilities](#) . Uma página criacionista que usa o cálculo de Hoyle.
- [Testemunho](#) de Chandra Wickramasinghe no Arkansas, 1981. Transcrito por Brig Klyce.

- [Uma descrição](#) do grupo Ghadiri, com comentários de Stuart Kauffman.
- [Algumas outras moléculas auto-replicas](#)
- [Um artigo na American Scientist](#) sobre a origem da vida, de C. de Duve. Este trabalho foi feito antes da descrição das polimerases ribozimais, e de um outro número de problemas ser resolvido, assim é um pouco mais pessimista do que precisava.
- [Um artigo na Discovery](#) sobre o trabalho de Deamer com protocélulas. No site da Discover, procure em Arquivos, pesquise Novembro de 1995, e clique no link "First Cell".

Reconhecimento

Obrigado a John Wilkins e jthomford por sugestões úteis e discussões. Obrigado a John por alguns GIFs e JPEGs legais.

Glossário

Acil-transferase: Uma enzima ou ribozima que sintetiza peptídeos

Ligase: Uma enzima ou ribozima que acrescenta um monômero a um polímero, ou liga dois polímeros pequenos.

Monômero: Qualquer subunidade simples de um polímero. Um aminoácido é um monômero de um peptídeo ou proteína, um nucleotídeo é um monômero de um oligonucleotídeo ou polinucleotídeo.

Nucleotídeo: Adenina, guanina, Citosina e Uracil. Estes são os monômeros que fazem os oligo ou polinucleotídeos, como o RNA.

Oligonucleotídeo: Um polímero pequeno de subunidades nucleotídeas.

Polimerase: Uma enzima ou ribozima que faz um polímero de monômeros. Por exemplo, a RNA polimerase faz o RNA a partir de nucleotídeos.

Ribozima: Um catalista biológico feito de RNA.

Auto-replicador: Uma molécula que pode fazer uma cópia idêntica ou quase-idêntica de si mesma a partir de subunidades menores. Pelo menos quatro auto-replicadores são conhecidos.

Tradução original de César A. Grossmann (@cesarakg), publicada primeiramente em:

<http://cesarakg.wikispaces.com/page/diff/Mentiras%2C+mentiras+danadas%2C+estat%C3%ADsticas+e+a+probabilidade+da+abiog%C3%AAnese/98804975>