



ORIGEM DA VIDA: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTUDOS RECENTES

Ricardo Hernández Valdés¹

Heiddy Márquez Álvarez²

Donato Alexandre Gomes Aranda³

Octavio a. C. Antunes⁴

RESUMO: Algumas considerações sobre a origem da vida na terra, segundo estudos recentes. Como foi gerada a vida? Como moléculas complexas poderiam ser formadas? Estas e outras são as questões sempre discutidas no âmbito científico e no religioso. Neste artigo, os autores pretendem abordar alguns pontos, tomando como partida estudos científicos que podem explicar a origem da formação do nosso planeta.

Palavras-chave: Origem da vida; Química; Quiralidade; Aminoácidos.

ABSTRACT: Some considerations related to the origin of life are reported here. How was the origin of life? How could complex molecules be formed? These and other questions are always in top by many researchers and scientists. The quiz is also discussed on religious point of view and in the present article the authors analyze some related works that could be more clear about the formation of earth and the beginning of life.

Key-words: Origin of life; Chemistry; Chirality; Aminoacids

1 Introdução

Grandes pensadores escreveram ou estudaram de forma profunda o fenômeno da origem da vida no planeta. Desde Anaximandro e Aristoteles, nos séculos V e VI antes do nascimento de Cristo, até Pasteur, Oparin e outros pesquisadores nos dias atuais, sempre se levantou a questão de como as moléculas orgânicas e os organismos vivos são formados na natureza. (WILKINS, 2004) A relação da geração espontânea e como foi formada a vida, é algo que intriga ainda aos

¹ Doutor – UFRJ. Professor do Curso de Mestrado Profissional em Bioenergia da Faculdade de Tecnologia e Ciências. E-mail: rhvaldes_28@yahoo.com

² Doutora – UFRJ. Professor do Curso de Mestrado Profissional em Bioenergia da Faculdade de Tecnologia e Ciências. E-mail: heiddy2000@yahoo.com

³ Doutor – UFRJ. Professor Auxiliar da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro. E-mail: donato@eq.ufrj.br

⁴ Doutor – UFRJ. Professor Titular do Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza (CCMN) da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

pesquisadores e aos estudiosos do tema, e muitos são os estudos encontrados na literatura nesse sentido. (WILKINS, 2004).

A questão da origem da vida pode ser abordada por várias perspectivas. É conveniente distinguir e tratar separadamente cada uma delas, pois o foco de interesse dos leitores é igualmente distinto e a organização da matéria pode tornar-se confusa, se tentar-se uma exposição unificada.

Poderiam as moléculas orgânicas ter evoluído em lugares diferentes do universo, de forma tão elaborada quanto na Terra? Poderiam os blocos de construção orgânica simples para a vida ter vindo para a Terra embutidos em meteoritos de outras esferas do espaço? Como surgiu e multiplicou-se a atividade ótica, diga-se quiralidade, no planeta? Estas questões e muitas outras são motivo de pesquisas atuais interessantes.

A origem dos seres vivos intriga o homem desde que o fenômeno da vida ganhou, no século XIX, uma ciência inteiramente dedicada a ele, a Biologia. O estudo dessa questão baseou-se, por muito tempo, na idéia de que a vida teria surgido a partir de “moléculas precursoras”, sejam elas proteínas ou ácidos nucleicos (ADN/ARN). O dilema tem sido abordado através de diferentes linhas de pesquisas hoje em dia (ANDRADE, SILVA 2003). Varias teorias são tratadas atualmente para dar uma explicação aceitável sobre a origem da vida e a maioria delas está relacionada à quiralidade.

2 Quiralidade

Muitos compostos biologicamente ativos, como fármacos, agroquímicos, aromas e fragrâncias e, também, materiais avançados como os cristais líquidos são indispensáveis em nossa vida diária. A maioria das respostas biológicas e funções físicas geradas por essas moléculas-chaves se originam do reconhecimento molecular e específico. Portanto, a preparação de substâncias oticamente ativas constitui uma tarefa desafiadora para os químicos. A síntese de tais compostos vitais se sustenta sobre a base de blocos quirais de construção, os quais devem ser dotados de funcionalidade satisfatória, configuração, e rigidez conformacional ou flexibilidade, para produzir a estereosseletividade desejada em determinada molécula.

A vida, do ponto de vista biológico estrutural, está baseada na existência de aminoácidos de configuração – L e açúcares de configuração – D. O reconhecimento molecular está relacionado, fundamentalmente, à capacidade das biomoléculas em distinguir dentre dois enantiômeros específicos; isômeros que representam as imagens especulares não-superponíveis

um do outro. A quiralidade é, portanto, um aspecto fundamental na química biológica e de importância vital na farmacologia (Figura 1).

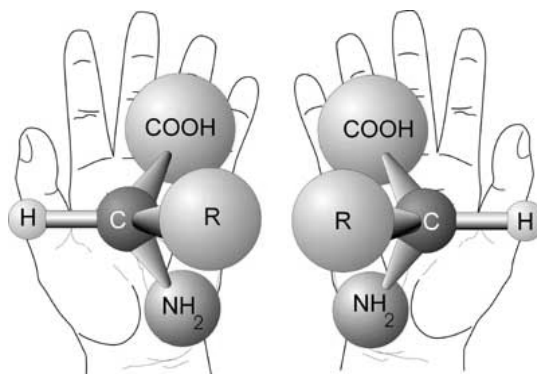


Figura 1: Exemplo de enantiômeros, moléculas de imagem especular.

Os enantiômeros são moléculas quirais. Ambos os termos quiral e enantiômeros vêm do idioma grego: *chiros* significa mão, enquanto “enantios” significa opostos e “meros”, formas.

Nos sistemas biológicos, as enzimas e os sítios receptores têm a capacidade de diferenciar entre dois enantiômeros de um composto, através de ligações diferenciadas, e desta forma, produzir respostas biológicas diferentes. Por exemplo, durante muitos anos a talidomida (Figura 2) foi administrada a mulheres grávidas na forma de racemato (do latim *racemus*, cacho de uva. Racemato é a mistura em partes iguais dos dois enantiômeros de uma substância quiral). Entretanto, o isômero *R* é um sedativo que alivia o mal-estar matinal como náuseas e vômito, enquanto o isômero *S* é um agente teratogênico (que causa má formação em fetos, como deformações nos braços e nas pernas. Essa palavra vem do grego *teras*, monstro e *gene*, origem).

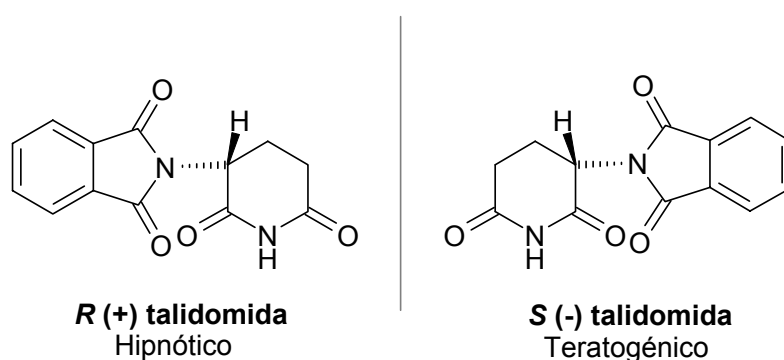


Figura 1: Estrutura dos enantiômeros da talidomida.

A tragédia do fármaco talidomida levou à retirada desse medicamento do mercado e a incrementar as exigências no estudo das propriedades biológicas dos enantiômeros e do racemato. Em 1992, a FDA regulamentou a venda de racematos, exigindo que, para se registrar

um novo fármaco, seja necessário realizar estudos correspondentes com os enantiômeros puros (CENTER FOR DRUG EVALUATION AND RESEARCH, 2003).

A origem da quiralidade preocupou pesquisadores como Louis Pasteur, que em 1848 separou cristais de um sal do ácido tartárico racêmico e demonstrou que a atividade ótica observada é resultado da assimetria molecular correspondente, ou seja, da presença de duas moléculas de formas cristalinas e com orientação oposta (PASTEUR, 1848). Ele percebeu que a assimetria molecular, ou seja, a presença de somente uma das duas formas moleculares (enantiômeros) é geralmente característica dos organismos vivos.

Em 1846, com a descoberta de Faraday sobre a rotação do plano de polarização de um raio de luz (linearmente polarizado) sob aplicação de um campo magnético paralelo à direção do feixe luminoso (FARADAY, 1846), foi mostrada conclusivamente, a relação estreita entre o eletromagnetismo e a luz. Esse fato, juntamente com a atividade ótica natural descoberta três décadas antes, originou uma séria confusão entre muitos cientistas sobre a diferença entre rotação ótica magnética e rotação ótica natural em fluídos e certos cristais em solução (BARRON, 2000).

Apesar disso, Pasteur tentou induzir excesso enantiomérico em cristais pelo seu crescimento sob aplicação de um campo magnético (PASTEUR, 1848). Embora seus resultados tenham sido negativos, ele atribuiu a existência de uma força externa assimétrica de origem natural que levasse a tal assimetria molecular e neste sentido considerou a luz circularmente polarizada como uma das forças assimétricas importantes (CRONIN; PIZZARELLO, 1999). Isso poderia explicar bem a fonte de homquiralidade (presença de unidades monoméricas com a mesma configuração numa molécula polimérica) na vida, mas para isso era necessário realizar experimentos que comprovassem tal consideração.

3 Principais Fontes de Quiralidade

Existem duas teorias propostas para explicar a origem da quiralidade na vida: biótica e abiótica. Em relação à primeira, a vida foi inicialmente baseada em moléculas não-quirais e/ou racematos e o uso de enantiômeros específicos veio através da evolução. A segunda teoria propõe a quiralidade como inerente à evolução química (BONNER et al. 1981).

A segunda teoria tem encontrado explicações razoáveis. Dentre elas, a indução de quiralidade pode ter sido originada no espaço cósmico, pela ação da luz circularmente polarizada. Esta poderia ter certo efeito sobre a simetria molecular, descrita por Pasteur, em determinadas moléculas. Isto é, no início da formação do planeta, a ação específica sobre o acúmulo de matéria orgânica, seja aminoácidos, compostos quirais, pó cósmico, meteoritos e outros materiais vindos

do espaço interestelar, provavelmente, propiciou um pequeno excesso enantiomérico (ee) suficiente para amplificação por evolução química futura (CRONIN, PIZZARELLO, 1999).

Rubinstein e outros propuseram (1983), com base nos experimentos e na análise de Louis Pasteur, que a ruptura da simetria pode ser explicada no contexto astrofísico através da luz circularmente polarizada. Esta pode ser emitida por um nêutron estelar que permitiria tanto a síntese preferencial como a degradação de enantiômeros específicos de compostos quirais em nuvens moleculares ou em corpos planetários primitivos. Esta hipótese permitiu a busca de excessos enantioméricos em aminoácidos presentes em *carbonaceous chondrites* (condritos carbonáceos), uma rara classe de meteoritos enriquecidos de carbono que possuem informações vitais para a evolução de compostos orgânicos em nosso sistema solar, prévios a origem da vida. (CRONIN; COOPER; PIZZARELLO, 1995) Isto já havia sido comprovado em trabalhos anteriores com meteoritos Murchison (KVENVOLDEN et al. 1970) e que deram os mesmos resultados em meteoritos Murray, (LAWLESS et al. 1971) um ligeiro ee em alguns aminoácidos como alanina, prolina, ácido glutâmico, leucina e ácido aspártico, favorecendo o isômero – L.

Outros estudos realizados com esses meteoritos permitiram observar que também existe um pequeno ee (7-9%) para os pares de enantiômeros dos ácidos 2-amino-2,3-dimetilpentanóico, 2-amino-2-metilbutanóico (Isovalina) e 2-amino-2-metilpentanóico (CRONIN; PIZZARELLO, 1999). Estes resultados sustentam, portanto, a segunda teoria.

Segundo Cronin *et al.*, a formação dos aminoácidos meteoríticos tem sido vista como um processo em duas etapas, onde os precursores (aldeídos, cetonas, HCN e amônia) foram formados na nuvem pré-solar e, após incorporação ao gelo, fontes primitivas voláteis enriquecidas destes compostos experimentaram reações de Strecker durante o seu processamento aquoso (CRONIN; COOPER; PIZZARELLO, 1995).

Embora os α -metil aminoácidos não tenham importância na bioquímica terrestre, são considerados importantes na origem da vida. Eles foram encontrados em abundância em *carbonaceous chondrites* e, por meio da sua presença, pode-se explicar muito bem a amplificação de seu ee. Por exemplo, a polimerização acompanhada pela formação de estruturas secundárias regulares, α -hélices e α -folhas, tem mostrado ser uma forma efetiva para amplificar o modesto e inicial ee. (BONNER et al. 1981), (BRACK; SPACH 1981) Uma forte indução a dobra hélice e efeitos estabilizantes foram observados nos α -metil aminoácidos. (FORMAGGIO et al. 1995)

Seguindo os estudos da composição mineral dos meteoritos, Cooper e colaboradores comprovaram a existência de açúcares e derivados de açúcares nos meteoritos de Murray e Murchison. Essa descoberta reafirma a teoria da origem da vida na Terra, a partir de material extraterrestre, somando ao fato dos aminoácidos encontrados também nesses meteoritos. O

açúcar encontrado na forma de dihidroxicetona (o qual pode produzir facilmente altas quantidades de açúcares, incluindo a ribose em solução aquosa com minerais) e os polióis como o glicerol que é constituinte das membranas celulares. (COOPER et al.2001)

Outra explicação bastante coerente surgiu no ano 1982. Wagnière e Meier predisseram (WAGNIÈRE; MÉIER, 1982) que a luz poderia ser absorvida ligeira e diferentemente através de uma solução de moléculas quirais, quando o feixe luminoso viaja em paralelo ou antiparalelamente à direção de um campo magnético estático aplicado. Essa pequena diferença na absorção seria completamente independente do estado de polarização da luz e poderia funcionar com luz não polarizada. O fenômeno foi denominado dicroísmo magneto-quiral (Figura 3) (BARRON, 2000). A existência desse efeito é importante para o entendimento das interações fundamentais entre a luz e a matéria e também para a espectroscopia molecular.

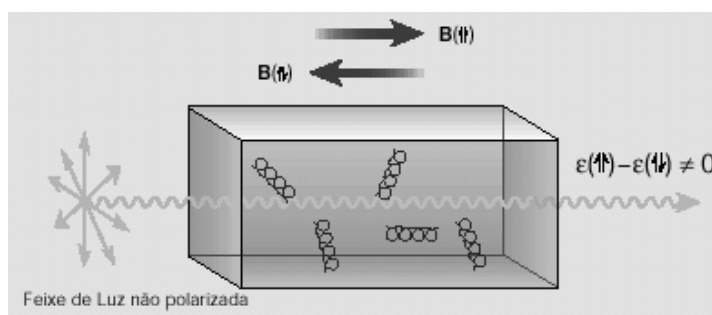


Figura 2: Dicroísmo magneto-quiral. ($\mathbf{B}(\uparrow)$)=campo magnético paralelo, $\mathbf{B}(\downarrow)$ =campo magnético antiparalelo; ϵ =coeficiente de absorção)

Esse fenômeno foi realmente observado no ano 1997 por Rikken e Raupach através de medições de intensidade luminosa em complexos de tris(3-trifluoroacetil-±canforato) de európio (III) na forma de racemato. $(Eu((\pm)tfc)_3)$. Esses complexos em solução mostraram um considerável dicroísmo magnético circular e, portanto, foram considerados como fortes candidatos a apresentar um significativo efeito magneto-quiral (RIKKEN; RAUPACH, 1997). O experimento propriamente dito foi realizado com medições da diferença na intensidade de luminescência nas direções paralela e antiparalela ao campo magnético aplicado B. A sensibilidade foi incrementada por alternância do campo magnético e a diferença de intensidade foi medida através de métodos de detecção apropriados. O valor resultante é o fator de anisotropia magneto-quiral g, definido pela fórmula:

$$g = \frac{\frac{\partial}{\partial B} (I_{\hat{B}\uparrow\hat{K}} - I_{\hat{B}\downarrow\hat{K}}) B}{I_{\hat{B}\uparrow\hat{K}} + I_{\hat{B}\downarrow\hat{K}}}$$

onde I é a intensidade luminosa, $B(\uparrow\uparrow)$ =campo magnético paralelo, $B(\downarrow\uparrow)$ =campo magnético antiparalelo e k =vetor de onda da luz. O valor de g será então de sinal oposto para cada enantiômero.

Com esses resultados, Rikken e Raupach assumiram, por relações entre os coeficientes de Einstein nos processos radioativos, que se existe anisotropia magneto-quiral na emissão, automaticamente, existe na absorção.

Estudos posteriores foram realizados por eles, utilizando o racemato de complexos de Cr(III), onde o efeito magneto-quiral foi empregado na produção favorável de um dos enantiômeros numa reação fotoquímica. O complexo de trisoxalato de Cr(III) é instável em solução e, de forma espontânea, se dissocia e re-associa. Portanto, no equilíbrio existem concentrações iguais de cada enantiômero, – R ou – S, respectivamente. O processo dissociativo é acelerado pela absorção da luz não, polarizada. Dessa forma, a aplicação de um campo magnético paralelo ao feixe luminoso induziu um aumento na concentração de um enantiômero, evidenciado pela manutenção do pequeno ee, entretanto, quando foi alternada a direção do campo magnético se obteve uma concentração igual ao enantiômero oposto. (RIKKEN; RAUPACH, 2000) Esse estudo, em particular, confirmou a necessidade de uma nova definição de quiralidade, diferente daquela postulada por Lord Kelvin (KELVIN 1884, apud BARRON, 2000) e baseada unicamente na reflexão especular, para incluir a inversão no tempo. Assim, essa definição prediz uma base rigorosa das características fundamentais que um campo físico externo deve possuir para induzir enantioseleção absoluta em qualquer circunstância.

Segundo Barron (BARRON, 2000), em relação a essa nova definição, o dicroísmo magneto-quiral possui verdadeira quiralidade e, junto com a luz circularmente polarizada e as interações eletrônicas fracas, é capaz de induzir absoluta enantioseleção. Estas são atualmente as explicações mais favoráveis para a homoquiralidade da vida.

Embora, essas bases teóricas e experimentais estejam bastante sólidas ainda existem dúvidas relacionadas ao surgimento e evolução de moléculas complexas nos inícios da formação do planeta. A origem de moléculas poliméricas como o ADN, constituído por unidades monoméricas quirais, pode encontrar explicação mediante essas teorias. Em particular, desde que foi comprovada a existência de alguns aminoácidos apresentando um ligeiro ee (–L), a formação das unidades monoméricas encontra uma explicação lógica através da teoria abiótica.

Por outro lado, apesar de Cronin *et al.* terem determinado a presença de aminoácidos em alguns meteoritos (encontrados na Austrália) para elaborar ou explicar a possível preferência de um enantiômero, recentes estudos realizados em outro meteorito, caído no Lago Tagish, no Canadá, e do mesmo tipo *carbonaceous chondrite*, revelaram a ausência desses aminoácidos

(MULLEN, 2001). Realmente, poucos meteoritos têm sido estudados em detalhe e, portanto, pouca informação tem sido coletada até hoje para concluir sobre a origem verdadeira da quiralidade na vida.

4 Considerações finais

Pode-se afirmar, pelos estudos revisados na literatura, que existe uma explicação lógica para a origem da vida na Terra vinda do espaço extraterrestre. Vários fatores têm sido encontrados que nos permitem considerá-los como matriz ou reator, onde se iniciaram as reações químicas, biológicas e físicas que justificam a vida que hoje temos no planeta. Moléculas como os açúcares, que foram encontrados nos meteoritos, são biologicamente importantes, já que fornecem o esqueleto de carbono de várias outras moléculas. Os aminoácidos, também encontrados nos meteoritos, formam as proteínas.

Algumas proteínas, por sua vez, estão presentes, associadas a moléculas como o DNA, formando estruturas mais complexas, como por exemplo, a cromatina das células eucarióticas. As pesquisas recentes permitem elaborar teorias que ajudam entender melhor o processo da formação do planeta e o surgimento dos organismos vivos. Junto com os fenômenos observados de diroísmo magnético e outras substâncias no espaço, resultariam nas reações químicas que permitiram gerar outras moléculas mais complexas e daí a vida. Mesmo assim, ainda poderão ser elaboradas outras teorias que nos permitam compreender este e outros assuntos interessantes na atualidade (Figura 4).

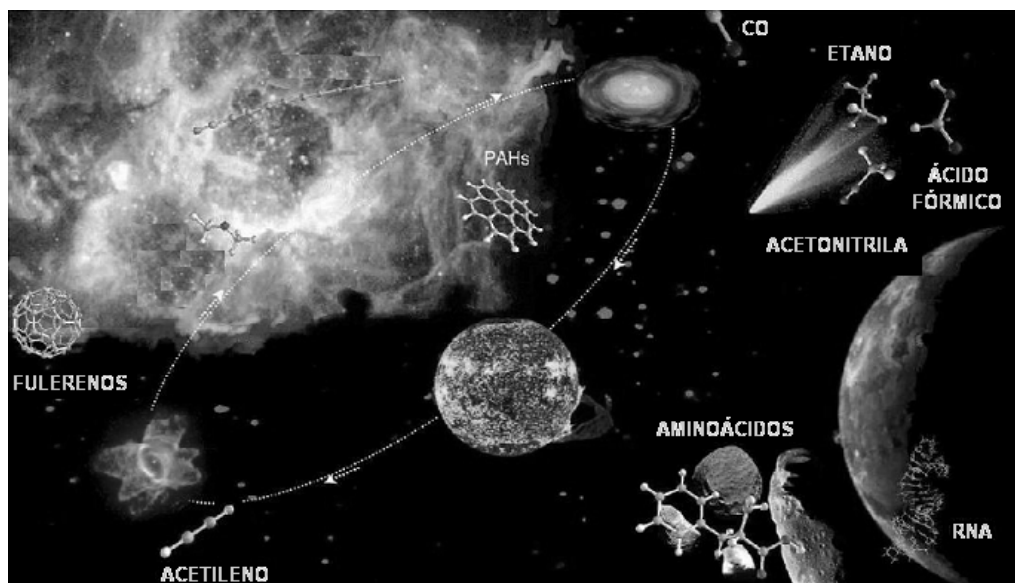


Figura 3: Diagrama que representa as possíveis descobertas futuras em observações do sistema solar. (Extraído e adaptado do site www.shantanurastogi.homestead.com/.../ismol.html)

Referências

- ANDRADE, L. A. B.; SILVA, E. P. O que é vida? **Ciência Hoje**, v. 32, n. 191, p. 16-23, 2003.
- BARRON, L. D. Chirality, magnetism and light **Nature**, 405, 895-896, 2000.
- BECK, G. Synthesis of Chiral Drug Substances. **Synlett**, 837-850, 2002.
- BONNER, W. A.; BLAIR, N. E.; DIRBAS, F. M. Experiments on the abiotic amplification of optical-activity, **Origins Life Evol. B.**, 11(1-2), 119-134, 1981. Apud CRONIN, J. R.; PIZZARELLO, S. Amino acid enantiomer excess in meteorites: Origin and significance, **Adv. Space Res.**, 23(2), 293-299, 1999.
- BRACK, A.; SPACH, G. Enantiomer enrichment in early peptides. **Origins of Life Evol. B.**, 11(1-2), 135-142, 1981. Apud CRONIN, J. R.; PIZZARELLO, S. Amino acid enantiomer excess in meteorites: Origin and significance, **Adv. Space Res.**, 23(2), 293-299, 1999.
- CENTER FOR DRUG EVALUATION AND RESEARCH. U. S. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION.** FDA'S POLICY STATEMENT FOR THE DEVELOPMENT OF NEW STEREOISOMERIC DRUGS Disponível em <<http://www.fda.gov/cder/guidance/stereo.htm>> Acesso em: 20 mar. 2003.
- COOPER, G.; KIMMICH, N.; BELISLE, W.; SARINANA, J.; BRABHAM, K.; GARREL, L.; Carbonaceous meteorites as a source of sugar-related organic compounds for the early Earth **Nature**, 414, 879-883, 2001.
- CRONIN, J. R.; PIZZARELLO, S. Amino acid enantiomer excess in meteorites: Origin and significance, **Adv. Space Res.**, 23(2), 293-299, 1999.
- CRONIN, J. R.; COOPER, G. W.; PIZZARELLO, S. Characteristics and formation of amino acids and hydroxy acids of the Murchison meteorite, **Adv. Space Res.**, 15(3), 91-97, 1995.
- FARADAY, M. Experimental Researches in Electricity. **Nineteenth Series. Philos. Trans. R. Soc. Lond.**, 136, 1-20, 1846.
- FORMAGGIO, F.; CRISMA, M.; BONORA, G. M.; PANTANO, M.; VALLE, G.; TONIOLO, C.; AUBRY, A.; BAYEUL, D.; KAMPHUIS, J. (R)-Isovaline homopeptides adopt the left-handed 3_{10} -helical structure, **Peptide Research**, 8(1), 6-15, 1995. Apud CRONIN, J. R.; PIZZARELLO, S. Amino acid enantiomer excess in meteorites: Origin and significance, **Adv. Space Res.**, 23(2), 293-299, 1999.
- KELVIN, L. Baltimore Lectures, 1884 Apud BARRON, L. D. Fundamental Studies of Chirality Disponível em <<http://www.chem.gla.ac.uk/~laurence/Chirality.htm>> Acesso em: 23 ago 2007.
- KVENVOLDEN, K.; LAWLESS, J.; PERING, K.; PETERSON, E.; FLORES, J.; PONNAMPERUMA, C.; KAPLAN, I. R.; MOORE, C. Evidence for extraterrestrial amino acids and hydrocarbons in the Murchison meteorite. **Nature**, 228, 923, 1970. Apud CRONIN, J. R.; PIZZARELLO, S. Amino acid enantiomer excess in meteorites: Origin and significance, **Adv. Space Res.**, 23(2), 293-299, 1999.

LAWLESS, J. G.; KVENVOLDEN, K. A.; PETERSON, E.; PONNAMPERUMA, C.; MOORE, C. Amino acids indigenous to the Murray meteorite, **Science**, 173, 626, 1971. Apud CRONIN, J. R.; PIZZARELLO, S. Amino acid enantiomer excess in meteorites: Origin and significance, **Adv. Space Res.**, 23(2), 293-299, 1999.

LIFE SCIENCE NETWORK. First truly artificial organism engineered. Disponível em <<http://www.lifesciencesnetwork.com/news-detail.asp?newsID=3222>>. Acessado em: 2003.

MULLE, L. Carbonaceous Clues to the early Solar System. Disponível em <http://nai.arc.nasa.gov/news_stories/news_detail.cfm?ID=233>. Acesso em : 23 abr 2003.

PASTEUR, L., Sur les relations qui Peuvent Exister entre la Forme Cristalline, la Composition Chimique, et le Sens de la Polarisation Rotatoire. **Ann Chim**, 24, 442-459, 1848.

RIKKEN, G. L. J. A.; RAUPACH, E. Observation of magneto-chiral dichroism **Nature**, 390, 493-494, 1997.

RIKKEN, G. L. J. A.; RAUPACH, E. Enantioselective magnetochiral photochemistry **Nature**, 405, 932-935, 2000.

RUBENSTEIN, E, BONNER, W. A.; NOYES, H. P.; BROWN, G. S. Supernovae and Life. **Nature**, 306, 118, 1983.

WAGNIÈRE, G.; MEIER, A. The influence of static magnetci field on the absorption coefficiente of a chiral molecule. **Chem. Phys. Lett.**, 93(1), 78-81, 1982.

WILKINS, J. S. In **Spontaneous Generation and the Origin of Life**, 2004, Disponível em <<http://www.talkorigins.org/faqs/abioprob/spontaneous-generation.html>> Acesso em 2007.

WILKINS, J. S. In **Modern Origin of Life references**, 2004, Disponível em <<http://www.talkorigins.org/faqs/abioprob/modorlife.html>> Acesso em: 24 ago 2007.