

Astrobiologia: definição, aplicações, perspectivas e panorama brasileiro

Ivan Gláucio Paulino-Lima^{1,2} e Claudia de Alencar Santos Lage¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, RJ
e-mail: igplima@biof.ufrj.br, e-mail: lage@biof.ufrj.br

² Department of Physics and Astronomy, The Open University, Buckinghamshire, Reino Unido

Recebido em 29 de agosto de 2009; aceito em 10 de setembro de 2009

Resumo. Apresentamos uma introdução à Astrobiologia, abordando desde os aspectos históricos até alguns exemplos de aplicações tecnológicas, com uma perspectiva atual. Aspectos mais polêmicos como a possível existência de civilizações extraterrestres também são examinados. Mostramos o panorama brasileiro em relação à Astrobiologia e destacamos a importância do desenvolvimento desta área no Brasil.

Abstract. We present an introduction to Astrobiology, approaching historical issues as well as some examples of technological applications, according to an up-to-date perspective. More polemic aspects such as the possible existence of extraterrestrial civilization are also examined. We show an overview of Astrobiology in Brazil, particularly the importance of developing this area in our country.

Palavras-chave. Astrobiologia – Extremófilos

1. Introdução

A possibilidade de existência de Vida em outros planetas tornou-se tema de grande interesse científico nas últimas décadas devido, principalmente, ao desenvolvimento tecnológico e ao rápido aumento do conhecimento humano sobre a natureza do Sistema Solar e da nossa vizinhança na Galáxia. Pela primeira vez na história da humanidade é possível aplicar o método científico para investigar a existência de Vida em outros lugares do Universo, o que está diretamente ligado à questão da origem da Vida na Terra, bem como ao futuro da humanidade e possível colonização do espaço.

Segundo Blumberg (2003), a primeira citação do termo “Astrobiologia” foi feita por Laurence J. Lafleur, do Brooklyn College, em Nova York, que escreveu um artigo denominado *Astrobiology* no folheto nº 143 da Sociedade Astronômica do Pacífico. Entretanto, o contexto do artigo indicava que a palavra já vinha sendo utilizada. Gabriel Tikhov usou o termo *Astrobiotany* numa publicação em 1949 (Tikhov 1949) e publicou um artigo intitulado *Astrobiologii* poucos anos depois (Tikhov 1953). Outras citações antigas incluem as de Hubertus Struhold (Struhold 1953) e Flávio Pereira, aqui no Brasil (Pereira 1958).

Designações diversas, tais como exobiologia, xenobiologia, xenologia, bioastronomia, cosmobiologia, e algumas derivações como, astrobotânica, exossociologia e exopaleontologia, são algumas vezes encontradas na literatura. Todos esses termos foram utilizados para se referir basicamente à mesma coisa, ou seja, ao estudo da possibilidade de existência de vida extraterrestre e, por isso, foram muitas vezes considerados sinônimos. Entretanto, os termos com prefixos que fazem alusão a algo exterior (à Terra), como exobiologia, xenobiologia e xenologia, foram se tornando cada vez menos utilizados, principalmente devido à falta de ênfase etimológica para as pesquisas com organismos terrestres. Astrobotânica, exossociologia e exopaleontologia são derivações que dependem da descoberta das primeiras

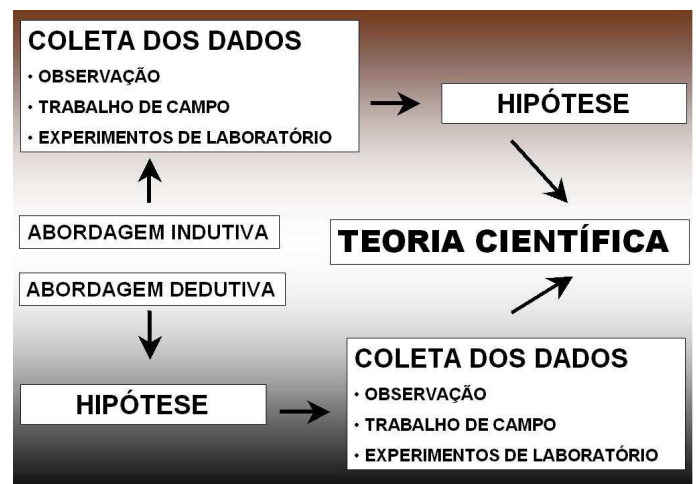


Figura 1. Diagrama do método científico utilizado pela Astrobiologia.

formas de vida extraterrestre. O termo cosmobiologia poderia trazer uma conotação do Cosmismo Russo¹ e, além disso, não era capaz de delimitar um universo de estudo, já que o cosmo é infinito. Finalmente, o apelo do termo astrobiologia é mais forte do que o do termo bioastronomia, pois coloca a questão do significado da Vida como motivação central da palavra.

Desta forma, o termo Astrobiologia foi sendo cada vez mais aceito e, em 1998, a NASA renomeou o programa científico “Exobiologia”, de quase quarenta anos, para Astrobiologia. Atualmente, a grande maioria dos centros de pesquisa de todo o mundo adotam o termo Astrobiologia.

De acordo com a Fig. 1, a Astrobiologia é uma mistura de processos que emergem do método científico. Na

¹ O Cosmismo Russo era uma doutrina relacionada ao espaço que prosperou em fins do século XIX e início do XX. Combinava as idéias das tradições espirituais orientais e ocidentais com uma interpretação científica da origem, história e futuro do Universo.



Figura 2. Áreas científicas envolvidas na busca pelo significado da Vida. Note que algumas subáreas compartilham mais de uma área científica.

abordagem indutiva, primeiramente os dados são coletados e, posteriormente, as hipóteses são formuladas, ou seja, a análise dos dados induz à formulação das hipóteses. Por isso, a Astrobiologia está fortemente baseada nas pesquisas de campo e nas observações de fenômenos, mas também inclui teoria e experimentação (Blumberg 2003).

Na abordagem dedutiva, a hipótese é formulada antes e, posteriormente, os dados são coletados para testá-la. Aqui, existe uma grande ênfase para a experimentação, onde o cientista cria um modelo do mundo real no laboratório e aplica seus conhecimentos para testar suas deduções (Blumberg 2003).

As áreas científicas que compõem a Astrobiologia são bastante diversificadas e compreendem basicamente: Astronomia, com suas derivações, tais como Astrofísica, Astronáutica, Radioastronomia, Cosmologia, dentre outras; Biologia com suas derivações, tais como, Ecologia, Biofísica, Bioquímica, Bioinformática, Genômica, Microbiologia, Biogeografia, dentre outras; e Geologia, com suas derivações, tais como Mineralogia, Planetologia, Paleontologia, Glaciologia, dentre outras (Fig. 2). Os principais assuntos abordados pela Astrobiologia estão listados abaixo (Staley 2003):

- Nascimento e morte de estrelas e reciclagem dos elementos;
- Formação de sistemas planetários;
- Origem e evolução da Vida;
- Busca por bio-assinaturas extraterrestres;
- Planetas e satélites habitáveis dentro e fora do Sistema Solar;
- Geosfera, hidrosfera e atmosfera da Terra primitiva;
- Biosfera da Terra primitiva;
- Extinções em massa e diversidade da Vida;
- Evidências fósseis e geoquímicas de Vida primitiva;
- Vida em ambientes extremos;
- Proteção planetária.

O apelo da Astrobiologia está relacionado a grandes questões metafísicas, como: Que é Vida? Como a Vida se originou? De onde viemos? Qual o futuro da Vida? A Vida pode ocorrer em outro lugar do Universo? (Staley 2003).

Além de serem interessantes para todos nós, essas questões surgem da nossa própria percepção do mundo em

que vivemos. A Astrobiologia fornece uma grande expectativa de que essas questões podem e serão respondidas, e os cientistas estão esperançosos em responder pelo menos algumas delas no futuro próximo. O otimismo científico se revela nas diversas conferências de Astrobiologia, onde os cientistas relatam como estão desvendando os mistérios da Vida, sua tenacidade, fragilidade, distribuição e origem (Staley 2003).

2. Aplicações da Astrobiologia

Considerando a forte motivação da Astrobiologia, mesmo que a descoberta de vida extraterrestre possa demorar a acontecer, os produtos da investigação podem surgir como resultado do próprio desenvolvimento de suas subáreas, sendo aplicáveis em diversos setores como, engenharia, biotecnologia, indústria alimentícia e farmacêutica, filosofia, política e economia.

A exploração do espaço, por exemplo, permitiu o desenvolvimento de produtos que são utilizados em nosso cotidiano, como o velcro, a lycra, o sistema de purificação de água, dentre muitos outros. Além disso, permitiu o desenvolvimento dos sistemas de comunicação, favorecendo a transmissão de dados em alta velocidade e popularizando novas tecnologias, como a internet. Possibilitou ainda o monitoramento de queimadas via satélite e maior acurácia na previsão meteorológica, forneceu imagens revolucionárias do espaço obtidas por telescópios espaciais e tornou cientificamente plausível, embora muito distante, a idéia da colonização do espaço.

A Planetologia Comparada é outro exemplo de aplicação prática dos conhecimentos adquiridos. O aquecimento global do planeta Vênus foi elucidado pela primeira vez por Carl Edward Sagan, em meados de 1960 (Sagan 1962; Weart 2006). Sagan propôs uma teoria de evolução planetária em que os planetas Vênus, Terra e Marte seriam semelhantes no início da formação do Sistema Solar. Entretanto, devido à proximidade do Sol, o aquecimento global em Vênus evoluiu muito rápido, transformando sua atmosfera numa grande e densa estufa de gases tóxicos. Já no planeta Marte, devido a sua gravidade menor, os gases do efeito estufa não foram suficientes para garantir um aquecimento até os dias atuais. O planeta Terra seria então um intermediário entre o que aconteceu com Vênus e Marte (Weart 2006). As implicações desta teoria tiveram um impacto muito grande no setor industrial. Sagan alertou para os perigos do aquecimento global no planeta Terra, resultado da ação do homem, como a emissão dos gases que contribuem para o efeito estufa. Por isso, em todo o mundo foram criadas leis que regulamentam a emissão de gases do efeito estufa. Atualmente, o efeito estufa faz parte da programação de debates das principais conferências de preservação ambiental espalhadas pelo mundo, como a MOP-3/COP-8 (COP8MOP3 2006), que reuniu em Curitiba-PR representantes de 188 países durante o mês de março de 2006.

Outra área que desperta grande interesse é a dos organismos extremófilos — seres vivos capazes de sobreviverem em condições ambientais extremas. A descoberta dos extremófilos causou grande impacto no mundo científico e expandiu a habitabilidade dos ambientes extraterrestres, pelo menos para formas primitivas de vida. Os efeitos foram logo absorvidos pela Astronomia, a qual ampliou a faixa denominada de zona habitável dos sistemas estelares, inclusive do Sistema Solar e também das galáxias como um todo.

Tabela 1. Classificação e exemplos de organismos extremófilos (adaptada de Rothschild & Mancinelli 2001).

Parâmetro ambiental	Tipo	Definição	Exemplos
Temperatura	Hipertermófilos	crescimento em $T > 80^{\circ}\text{C}$	<i>Picrolobus fumarii</i> , 113°C
	Termófilos	crescimento em $60 < T < 80^{\circ}\text{C}$	<i>Synechococcus lividis</i>
	Mesófilos	crescimento em $15 < T < 60^{\circ}\text{C}$	<i>Homo sapiens</i>
	Psicrófilos	crescimento em $T < 15^{\circ}\text{C}$	<i>Psychrobacter</i> , alguns insetos
Radiação			<i>Deinococcus radiodurans</i>
Pressão	Barofílicos	Atração por pressão	Para microrganismos, 130 Mpa
	Hipobarofílicos	Baixa pressão	<i>Bacillus subtilis</i>
Gravidade	Hipergravidade	$> 1 \text{ G}$	Desconhecidos
	Hipogravidade	$< 1 \text{ G}$	Desconhecidos
Vácuo		Toleram o vácuo (espaço destituído de matéria)	Tardígrados, insetos, microrganismos e sementes
Dessecação	Xerófilos	Anidrobiótico	<i>Artemia salina</i> , nematóides, microrganismos, fungos e líquens
Salinidade	Halófilos	Crescimento em salinas (NaCl 2,0 - 5,0 mol/L)	<i>Halobacteriaceae</i> , <i>Dunaliella salina</i>
pH	Alcalófilos	pH > 9	<i>Natronobacterium</i> , <i>Bacillus firmus</i> OF4, <i>Spirulina</i> spp. (todos pH $> 10,5$)
	Acidófilos	Baixo pH	<i>Cyanidium caldarium</i> , <i>Ferroplasma</i> spp. (ambos pH 0,0)
Tensão de O_2	Anaeróbios	Não suportam O_2	<i>Methanococcus jannaschii</i>
	Microaerófilos	Toleram baixos níveis de O_2	<i>Clostridium</i>
	Aeróbios	Requerem O_2	<i>Homo sapiens</i>
Extremos Químicos	Gases		<i>C. caldarium</i> (CO_2 puro)
	Metais	Podem tolerar altas concentrações de metais (metalotolerantes)	<i>Ferroplasma acidarmanus</i> (Cu, As, Cd, Zn); <i>Ralstonia</i> sp. CH34 (Zn, Co, Cd, Hg, Pb)

Na medida em que novos organismos eram descobertos em ambientes cada vez mais inóspitos, o pré-requisito de ambientes semelhantes às Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP) foi-se revelando cada vez mais antropocêntrico. Atualmente sabemos que três quartos de todo o volume dos oceanos compreendem 62% de toda a biosfera, e essa fração está sujeita a pressões atmosféricas mais de cem vezes maiores do que a pressão atmosférica ao nível do mar (Gross 1998). A Tab. 1 fornece um esquema de classificação e alguns exemplos de organismos extremófilos.

Os organismos extremófilos têm fornecido dados fundamentais para a biologia molecular, e a biologia evolutiva, a qual faz uso das ferramentas da biologia molecular, tem-se beneficiado basicamente de duas maneiras. Primeiro, a corrida para descobrir os mais extremos extremófilos levou à descoberta de um novo domínio dos seres vivos, o domínio *Archaea*. Em segundo lugar, a habilidade de sobreviver em ambientes extremos evoluiu múltiplas vezes, levando a um novo entendimento do paradoxo “chance versus necessidade” nos caminhos evolutivos, especialmente ao nível molecular (Rothschild & Mancinelli 2001).

Nas últimas décadas, os extremófilos atraíram a atenção de indústrias multibilionárias, como a agricultura, a indústria química de compostos sintéticos, detergentes e sabões, e a indústria farmacêutica (ver Tab. 2).

As enzimas dos extremófilos — extremozimas — apresentam grande potencial de aplicação em múltiplas áreas, tanto pelo seu próprio uso, como também por ser fonte de idéias para modificar enzimas derivadas de organismos mesófilos. Um exemplo clássico de extremozima na biotecnologia é a fonte da Taq DNA polimerase, a enzima responsável pela reação em cadeia da polimerase (PCR), uma reação que constitui a base da genômica, filogenia molecular, diagnóstico molecular e testes de paternidade e criminalística. A Taq DNA polimerase foi isolada da bactéria

termófila *Thermus aquaticus*, um organismo descoberto em 1969 no Parque Nacional de Yellowstone, Wyoming, EUA (Brock & Freeze 1969). DNA polimerases de outros termófilos têm sido comercializadas pela Corporação Promega como produtos para PCR de alta fidelidade, cada uma com suas próprias vantagens (Rothschild & Mancinelli 2001).

Existem outros extremófilos com aplicações industriais. Por exemplo, algumas bactérias da Antártida produzem ácidos graxos poli-insaturados, um ingrediente natural para muitas espécies aquáticas cultiváveis, como o salmão. As bactérias da Antártica também são aplicadas na biorremediação de águas que sofrem derramamento de óleo, o que é um problema em águas frias. Outro exemplo é a bactéria *Dunaliella salinas*, amplamente usada na produção comercial de β -carotenos (como resultado da radiação solar) e glicerol (Rothschild & Mancinelli 2001, na tentativa de contrabalançar a pressão osmótica externa).

A saúde humana também pode-se beneficiar indiretamente dos extremófilos através da biotecnologia. Uma possível aplicação direta seria a introdução da *Dunaliella* como um suplemento nutricional, primariamente como um antioxidante. Além disso, proteínas anticongelantes demonstram potencial para a preservação de órgãos congelados utilizados em transplantes (Rothschild & Mancinelli 2001).

3. Perspectivas

Parte do otimismo científico em relação à Astrobiologia é resultado de três fatos que ocorreram em meados da última década (Grinspoon 2005). Em novembro de 1995, Michel Mayor e Didier Queloz publicaram o artigo *A Jupiter-mass companion to a Solar-type star* (Mayor & Queloz 1995) na revista *Nature*, relatando a descoberta do primeiro planeta extrassolar em órbita uma estrela semelhante ao Sol, denominada 51 Pegasi. A partir de então, o número de relatos

Tabela 2. Exemplos de extremófilos na indústria e na biotecnologia (adaptada de Rothschild & Mancinelli 2001).

Processos Industriais	Biomolécula	Vantagens	Fonte (organismo)
Hidrólise do amido para produzir dextrinas solúveis, malto-dextrinas e xarope de milho	α -Amilase	Alta estabilidade	<i>Bacillus stearothermophilus</i> G-ZYME G995 (Enzyme Bio-System Ltd)
Branqueamento de papéis	Xylanases	Diminui a quantidade de branqueadores	Termófilos
Processamento de alimentos, fermentação, detergentes	Proteases	Estáveis em altas temperaturas	Termófilos
Reação da Polimerase em Cadeia (PCR)	DNA Polimerase	Evita o uso de enzimas adicionais em cada ciclo	Termófilos
Maturação do queijo, produção de laticínios	Proteases neutras	Estáveis em baixas temperaturas	Psicrófilos
Degradação de polímeros em detergentes	Proteases, Amilases, Lipases	Melhoria do desempenho dos detergentes	Psicrófilos
Degradação de polímeros em detergentes	Celulasas, Proteases, Amilases, Lipases	Estáveis em alto pH	Alcalófilos
Cultivo de animais marinhos	Ácidos graxos poli-insaturados	Prozuidos em baixas temperaturas	Psicrófilos
Biorremediação	Lipases	Funcionam bem em águas geladas	Psicrófilos
Indústria Farmacêutica	Antibióticos	Antibióticos mais eficientes	Alcalófilos
Indústria Farmacêutica	Glicerol e solutos compatíveis	Baixo custo	Halófilos
Corantes alimentícios	β -Carotenos	Baixo custo	Halófilos/ <i>Dunaliella</i>

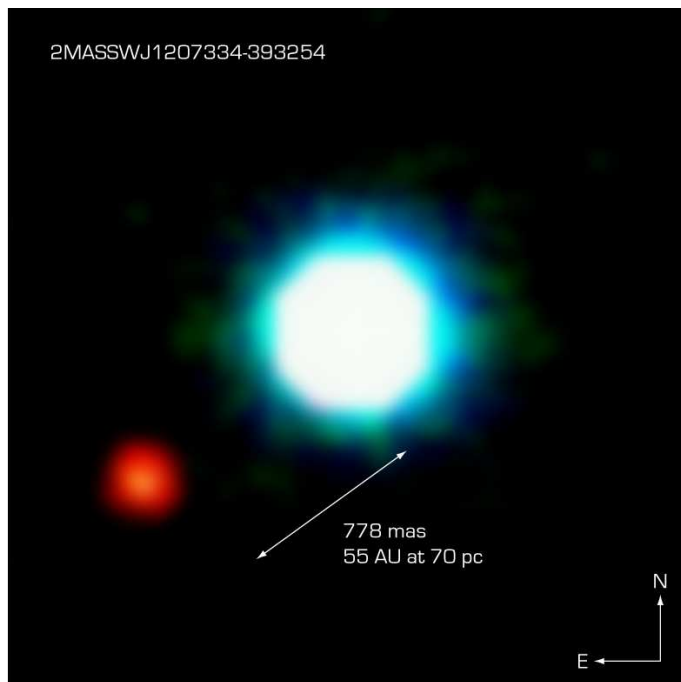


Figura 3. Primeira imagem de um planeta extrassolar, o 2M1207 b, localizado há mais de 230 anos-luz de distância da Terra, na direção da constelação da Hidra, obtida pelo ESO/VLT/NACO. A estrela central, vista em cor azulada na fotografia, é a anã marrom 2M1207.

de planetas extrassolares cresce em ritmo acelerado, sendo que até o momento, já foram detectados mais de 370 planetas fora do Sistema Solar (Schneider 2006). A Fig. 3 mostra uma fotografia feita em 2004, que constitui a primeira imagem de um planeta extrassolar, 2M1207 b, que é 10 vezes mais quente do que Júpiter e está ~ 40 vezes mais distante de sua estrela do que a Terra está do Sol (Chauvin et al. 2004).

Em agosto de 1996, McKay e colaboradores publicaram o polêmico artigo *Search for past life on Mars: possible relic biogenic activity in Martian meteorite ALH84001* (McKay et al. 1996) na revista *Science*, onde mostraram evidências de possíveis fósseis de microrganismos dentro de um meteorito marciano. A notícia ganhou as primeiras páginas dos principais noticiários de todo o mundo, levando até mesmo a uma reunião de cientistas importantes com o então vice-presidente dos Estados Unidos, Al Gore, em 11 de dezembro de 1996 (Blumberg 2003). Apesar do rigor e da acurácia das análises, os autores não conseguiram provar a existência de vida passada em Marte. Os debates a respeito desse e de outros trabalhos semelhantes se prolongam até hoje. A Fig. 4 mostra uma fotografia e uma micrografia eletrônica de varredura do ALH84001.

Ao mesmo tempo em que o momento científico estava sendo agitado com essas duas notícias surpreendentes, a NASA começava a divulgar novas imagens da lua Europa, de Júpiter, obtidas pela sonda espacial *Galileo*. A análise dos dados revelou a presença de uma quantidade de água maior do que a quantidade total encontrada no planeta Terra (Grinspoon 2005). Possivelmente existe um oceano de água salgada embaixo de sua superfície coberta de gelo (Greenberg 2008). Esses dados colocaram Europa entre os corpos do Sistema Solar com maior probabilidade de se encontrar Vida, pois os biólogos sabem muito bem que, pelo menos aqui na Terra, onde há água, há Vida. A Fig. 5 é uma seleção de imagens de Europa, feita pelo Laboratório de Propulsão a Jato, do Instituto de Tecnologia da Califórnia.

O fato desses acontecimentos terem ocorrido dentro de um período de apenas dois anos forneceu um grande impulso à Astrobiologia. As agências espaciais começaram a considerar a busca por vida extraterrestre como interesse principal de seus programas de pesquisa. Com um investimento cada vez maior, inúmeros trabalhos dedicados essencialmente à Astrobiologia têm sido relatados de maneira crescente, sendo que duas revistas científicas especializadas foram criadas nos últimos anos: O periódico *Astrobiology*,

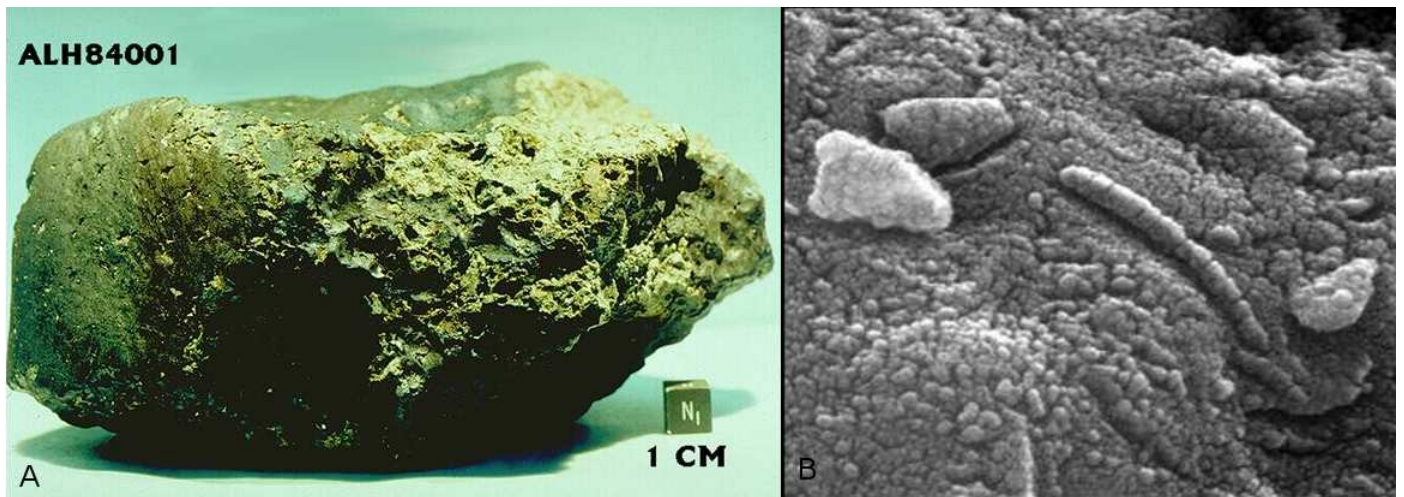


Figura 4. O meteorito ALH84001 (imagem A) protagonizou um vívido debate acerca da existência de fósseis microbianos (imagem B; note as estruturas semelhantes a microorganismos terrestres) no passado de Marte.

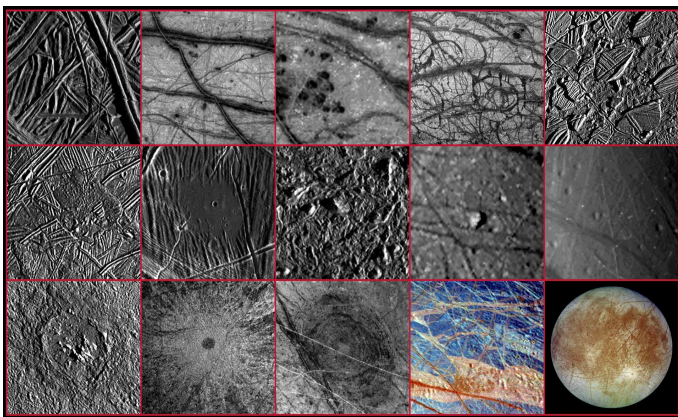


Figura 5. Mosaico de imagens da superfície de Europa, obtidas pela sonda Galileo (NASA).

publicado pela Mary Ann Liebert, Inc. New York, 2000, e o *International Journal of Astrobiology*, publicado pela Cambridge University Press, Cambridge, 2001, de acordo com a Fig. 6.

A Astrobiologia é uma ciência investigativa que se utiliza do método científico para realizar observações de grande amplitude na procura de respostas quanto aos questionamentos fundamentais da humanidade acerca do fenômeno Vida. Portanto, uma possível definição deste fenômeno poderá ser dada através da busca de uma amostragem maior de exemplares de organismos vivos, ou de moléculas orgânicas para possíveis comparações com as formas de vida existentes atualmente em nosso planeta, contrapondo com possíveis modelos em outros planetas, com o estudo de corpos do sistema solar e do espaço interplanetário, bem como de outros sistemas planetários.

4. Civilizações extraterrestres

Em relação à possibilidade de existência de formas mais complexas de vida, dotadas de inteligência e auto-consciência, a questão se torna mais difícil, pois o homem possui uma velha ansiedade e esperança de encaixar-se na Natureza, de não querer se sentir tão sozinho.



Figura 6. Dois periódicos recentemente criados e dedicados especialmente à Astrobiologia: Astrobiology e International Journal of Astrobiology.

No geral, os biólogos tendem a posicionar-se com mais cautela devido ao contato íntimo com detalhes singulares dos mecanismos de seleção natural que acabaram possibilitando o aparecimento do homem. Reconhecem que os eventos estocásticos que levaram à evolução humana certamente não se repetirão em nenhum outro lugar do Universo. O acaso certamente foi importante dentre os ingredientes evolutivos que acabaram por selecionar seres humanos pensantes a ponto de questionarmos a natureza e criarmos simulacros da realidade.

Por outro lado, os astrônomos são mais otimistas porque lidam com um objeto de estudo que é, para todos os efeitos, “quase” infinito. Reconhecem a vastidão do Universo e, apenas com base no argumento da estatística de grandes números, não podem afirmar que a descartar a existência de

outra civilização no Universo como impossível. Uma outra sequência de fatos pode ter ocorrido em algum outro lugar, selecionando outras formas de vida complexa, até mesmo pensantes e tecnologicamente desenvolvidas em maior ou menor grau que os seres humanos. Mas isso é atualmente impossível de se determinar. Qualquer tentativa permanece como mera especulação.

Como a ciência é tradicionalmente conservadora, as afirmações devem ser feitas com mais sobriedade e experiência, sempre baseadas em fatos. Isso não quer dizer que estamos proibidos de imaginar e especular coisas que desejamos que fossem verdade. Um bom exemplo é a série *Cosmos* de Carl Sagan. Em vários episódios, Sagan fala sobre a possibilidade de existência de civilizações extraterrestres. Ele dizia frequentemente coisas como “Eu sonho”, “Eu imagino”, etc. De fato, ele tinha uma grande esperança de não sermos a única civilização da Galáxia, muito menos do Universo. Mas ele era claro na distinção entre Ciência e especulação.

Numa rápida estimativa, o Universo conhecido deve abrigar aproximadamente mais que 10^{20} sistemas planetários, dos quais vários devem conter, talvez, uma dezena de planetas. Isso aumenta exponencialmente as chances de acontecimentos desconhecidos (e que permanecerão desconhecidos por muito tempo, talvez até pra sempre) terem acontecido de maneira a selecionar organismos autoconscientes. Mas daí a achar que esses organismos, por mais desenvolvidos que sejam, tenham as mesmas formas de percepção que os seres humanos exige uma boa dose de esperança. Para estabelecer comunicação com uma civilização extraterrestre, temos que supor que ela também tenha desenvolvido um simulacro da realidade totalmente baseado na força eletromagnética (aparelhos eletrônicos e energia elétrica), e aí estamos novamente restringindo muito as probabilidades, e por aí vai. O problema é que ainda não conseguimos encontrar uma maneira realmente original na forma de pensar sobre a questão de civilização extraterrestre.

Numa especulação pessoal, a Via Láctea pode até ter mais de 1 civilização, mas pode não chegar a 10, dificilmente passando de cinco. Por outro lado, por mais civilizações que o Universo tenha, uma delas tem que ter sido a primeira. Portanto, por que não podemos ser os primeiros seres autoconscientes do Universo? Será que viveremos tempo suficiente para testemunhar o surgimento de novas civilizações? Será que o tempo de existência das civilizações é de maneira geral tão efêmero a ponto de elas não existirem simultaneamente?

O paradigma exobiológico no que se refere a civilizações extraterrestres tem 3 soluções, até agora igualmente possíveis, listadas abaixo por ordem de maior probabilidade:

1. Somos os únicos! (mais provável?)
2. Existem civilizações extraterrestres, mas por uma questão das barreiras do espaço-tempo essas civilizações NUNCA entrarão em contato.
3. Existem civilizações extraterrestres e, algum dia, mesmo que num futuro muito distante, se sobreviverem por tempo suficiente, algumas dessas civilizações tomarão conhecimento umas das outras. E isso não significa que serão os seres humanos.

Projetos como o SETI, se forem conduzidos com a devida sobriedade e não comprometerem orçamentos prioritários como Saúde e Educação, não são absurdos ou fantasias de lunáticos. São investigações genuínas, inerentes

Tabela 3. Trabalhos submetidos ao Primeiro Workshop Brasileiro de Astrobiologia

Áreas de Concentração	Tipo de Apresentação	
	Oral	Poster
Astronomia	7	14
Biologia	4 + 1 ^a	11
Astrobiologia	7 + 1 ^b	11
Ensino de Ciências	1	3
TOTAL	21	39
TOTAL GERAL	60	

^a Palestrante internacional Prof^ª Dr^ª Janet Siefert – Rice University, EUA

^b Palestrante internacional Prof. Dr. David Catling – University of Bristol, ING

Nota: Dados fornecidos pela Comissão Organizadora Local durante a sessão de encerramento.

à curiosidade humana, fundamentalmente científicas, em que o longo prazo necessário para se chegar a algum resultado almejado pelos objetivos é imposto pela própria realidade, pela própria natureza. Além disso, muitas descobertas inesperadas e imprevisíveis podem ser feitas durante esse tipo de investigação. Um exemplo típico é a descoberta dos pulsares, objetos astronômicos fantásticos de mais alta importância, que contribuíram para o desenvolvimento da cosmologia e, em última instância, contribuíram para a maneira com que entendemos o Universo e a realidade em que estamos inseridos.

5. Panorama brasileiro

Para traçar um panorama geral da Astrobiologia no Brasil, foi feita uma análise do Primeiro Workshop Brasileiro de Astrobiologia (1st BWA), que ocorreu nos dias 20 e 21 de março de 2006 (<http://www.das.inpe.br/astrobio>), no Fórum de Ciência e Cultura da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro – RJ, e contou com o apoio de diversas instituições científicas. Outra estratégia para identificar os grupos com projetos claramente astrobiológicos atuantes no Brasil foi a realização de uma busca virtual no site do CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (<http://www.cnpq.br/>). Esta busca foi conduzida na plataforma Lattes, utilizando o item “assunto” como referência de busca e introduzindo os termos “astrobiologia”, “exobiologia” e mais alguns sinônimos.

O Primeiro Workshop Brasileiro de Astrobiologia reuniu 171 estudantes, professores e pesquisadores de todo o país e forneceu valiosos dados a respeito do panorama nacional da Astrobiologia. Foram-lhe submetidos 60 trabalhos de acordo com as Tabs. 3 e 4.

A Tab. 3 demonstra uma carência de trabalhos com área de concentração em Ensino, o que pode ser reflexo da falta de divulgação da Astrobiologia. Muitos professores que atuam na área da Educação nem sequer conhecem o termo. No Brasil, algumas disciplinas com conteúdos de Astrobiologia são oferecidas em instituições de ensino superior. A disciplina “Exobiologia - BIO10-012” (Quillfeldt 2009), de caráter optativo, é oferecida anualmente desde 2003 para o curso de Ciências Biológicas na

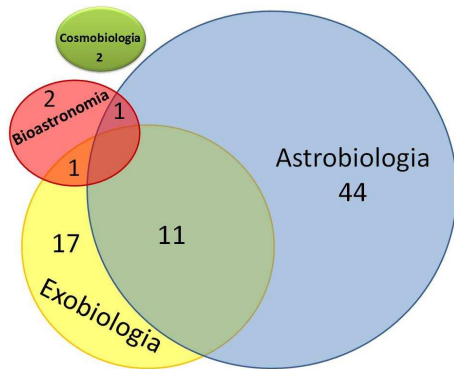


Figura 7. Números de pesquisadores brasileiros cadastrados no CNPq, com alguma ligação com a Astrobiologia.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Em 2004, a Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) ofereceu a disciplina optativa “Astrobiológica” para os alunos de graduação. A Universidade de São Paulo (USP), por meio do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) oferece uma disciplina com aspectos astrobiológicos para o curso de graduação em Física, Habilitação em Astronomia, intitulada “A Vida no Contexto Cósmico”. A Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), por meio do Observatório do Valongo (OV), criou recentemente a disciplina eletiva “Astrobiologia”, aberta a todos os cursos de graduação. A Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) também oferece a disciplina optativa “Bioastronomia” para os cursos de graduação.

A Tab. 4 lista as 23 instituições científicas brasileiras envolvidas com pesquisas em Astrobiologia. Na realidade, existem muito mais pesquisadores com linhas de pesquisa relevantes para a Astrobiologia, que ainda não deram o enfoque astrobiológico para os seus projetos.

A busca virtual no site do CNPq foi feita em agosto de 2009 e retornou um total de 78 nomes de pesquisadores que incluíram alguns dos seguintes termos em seus currículos: “Astrobiologia”, “Exobiologia”, “Bioastronomia” ou “Cosmobiologia”. Como ilustra a Fig. 7, 58 pesquisadores incluíram o termo Astrobiologia, dos quais 44 usaram apenas este termo, 11 compartilham os termos Astrobiologia e Exobiologia e 1 compartilha os termos Astrobiologia e Bioastronomia. É possível observar que 29 pesquisadores incluíram o termo Exobiologia, dos quais 17 usaram exclusivamente este termo e 1 compartilha os termos Exobiologia e Bioastronomia. Além disso, 4 pesquisadores incluíram o termo Bioastronomia, sendo que 2 usaram apenas este termo. O termo Cosmobiologia foi incluído de maneira exclusiva por 2 pesquisadores.

A Astrobiologia, caracterizada por uma grande interação entre diferentes áreas das ciências é uma estratégia que transcende a tendência contemporânea de especialização. É uma estratégia relativamente nova no Brasil, e as publicações científicas astrobiologicamente relevantes já estão aumentando. Destaca-se aqui a participação brasileira na missão Corot, um projeto francês em conjunto com a Agência Espacial Européia (ESA) que tem por objetivo a busca de planetas extrassolares parecidos com a Terra. Os primeiros resultados dessa missão foram divulgados recentemente e existe grande expectativa para os novos dados que estão por vir.

Levando-se em consideração as contribuições da comunidade científica internacional envolvida com pesquisas astrobiológicas, as perspectivas são muito promissoras. A incrível velocidade da descoberta de planetas extrassolares e a alta tecnologia utilizada para construir espaçonaves sofisticadas aumentam as chances de se detectar vida fora da Terra. Se o contato com vida extraterrestre for confirmado, as implicações irão requerer considerações multidisciplinares, em áreas como economia, ciências naturais, saúde, teologia, ética, política e educação. Será necessário explorar as questões éticas e filosóficas relacionadas com a existência de vida extraterrestre, o potencial de contaminação cruzada entre ecossistemas de diferentes mundos e as implicações para programas futuros de habitação humana e engenharia planetária de longa duração (Grinspoon 2005).

Referências

- Blumberg, S. B. 2003, *Astrobiology*, 3, 463
- Brock, T. D. & Freeze, H. 1969, *Journal of Bacteriology*, 98, 289
- Chauvin, G., Lagrange, A.-M., Dumas, C., Zuckerman, B., Mouillet, D., Song, I., Beuzit, J.-L., Lowrance, P. 2004, *A&A*, 425, L29
- COP 8 & COP-MOP3. VIII Conferencia das Partes da Convenção sobre Diversidade Biológica e 3º Reunião das Partes do Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança, PontoCom Agência de Internet, acessado em 02 de maio de 2006, UTC. disponível em: <http://www.cop8mop3.org.br/>
- Greenberg, R. 2008, *Unmasking Europa: The search for life on Jupiter ocean moon*. New York: Springer
- Grinspoon, D. 2005, *Planetas Solitários: A filosofia natural da Vida alienígena*, São Paulo: Editora Globo
- Gross, M. 1998, *Life on the Edge: Amazing creatures thriving in extreme environments*, New York: Plenum Press
- Mayor, M. & Queloz, D. A. 1995, *Nature*, 378, 355
- McKay, D., Gibson, Jr., E. K., Thomas-Keptra, K. L., Vali, H., Romanek, C. S., Clemett, S. J., Chillier, X. D. F., Maechling, C. R., Zare, R. N. 1996, *Science*, 273, 924
- Pereira, F. A. 1958, *Astrobiologia*. São Paulo: Sociedade Interplanetária Brasileira
- Quillfeldt, J. A. 2009, *Disciplina BIO10-012 Exobiologia*. Acessado em 09/09/2009. Disponível em <http://www.exobiologia.ufrgs.br/>
- Rothschild, L. J. & Mancinelli, R. L. 2001, *Nature*, 409, 1092
- Sagan, C. 1962, *AJ*, 67, 281
- Schneider, J. 2006, *Enciclopédia dos Planetas Extrassolares*, CNRS-LUTH, Observatório de Paris, acessado em 30 de Abril de 2006, 05:30 UTC, disponível em: <http://vo.obspm.fr/exoplanetes/encyclo/catalog.php>
- Staley, J. T. 2003, *Current Opinion in Biotechnology*, 14, 347
- Struhold, H. 1953, *The Green and the Red Planet: A Physiological Study of the Possibility of Life on Mars*. Albuquerque: University of New Mexico Press
- Tikhov, G. A. 1949, *Astrobiotany*, Alma Ata: Kazakhstan SSR Academy of Sciences Press
- Tikhov, G. A. 1953, *Astrobiologii*, Moscow: Molodaya Gvardia Press
- Weart, S. 2006, *Global Warming*, Center for History of Physics of the American Institute of Physics, acessado em 02 de maio de 2006, 01:33 UTC, disponível em: <http://www.aip.org/history/climate/Venus.htm>

Tabela 4. Número de trabalhos submetidos ao 1st BWA por instituição participante

Instituição	Trabalhos
Observatório do Valongo – UFRJ	7
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG/USP	5
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE	5
Universidade Estadual de Londrina – UEL	5
Universidade de São Paulo – USP	4
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ	3
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS	3
Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho – IBCCF/UFRJ	2
Laboratório Nacional de Luz Síncrotron – LNLS	2
Observatório Nacional – ON/MCT	2
Centro de Radio-Astronomia e Astrofísica Mackenzie – CRAAM/Mackenzie	2
Pontifícia Universidade Católica – PUC/RJ	2
Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP	1
*Universidad Central de las Villas (Cuba)	2
Laboratório Nacional de Astrofísica – LNA/MCT	1
Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFET/SP	1
Universidade de Brasília – UnB	1
Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ	1
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF	1
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM	1
Universidade Estadual Paulista – UNESP	1
Universidade Federal do Maranhão – UFMA	1
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE	1
Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras – USP/Ribeirão Preto	1
*Pontifícia Universidad Católica (Chile)	1
*Instituto de Astronomia y Física Del Espacio – IAFE (Argentina)	1
*Rice University (EUA)	1
*University of Bristol (Inglaterra)	1

* Instituições estrangeiras

Nota: Dados de <http://www.das.inpe.br/astrobio/participants/index.htm>