

# Whiter Paper sobre ASTROBIOLOGIA

(submetido à CEA/MCT em 08/01/2010)

## INTRODUÇÃO

Astrobiologia é o estudo das origens, evolução, distribuição e futuro da vida no universo. Ela trabalha com conceitos de vida e de meios habitáveis que serão úteis para o reconhecimento de biosferas que poderão ser diferentes da nossa. A astrobiologia envolve a procura por planetas potencialmente habitáveis fora do Sistema Solar, a exploração de Marte e de planetas e satélites externos, pesquisas de laboratório e de campo sobre as origens e evolução da vida primitiva na Terra, e estudos do potencial adaptativo da mesma em nosso planeta e no espaço. A astrobiologia utiliza pesquisas multidisciplinares que compreendem astronomia, biologia molecular, ecologia, ciências planetárias, ciências da informação, tecnologias de exploração espacial e disciplinas correlatas. Esse vasto caráter interdisciplinar da astrobiologia resulta em visões e compreensão amplas de fenômenos cósmicos, planetários e biológicos, porém requer o esforço coordenado e conjunto de pesquisadores de diversas áreas.

Esta área está em grande expansão na comunidade científica internacional, sendo que podemos citar como exemplos a criação e ampliação do *NASA Astrobiology Institute – NAI*, nos EUA e da *European Astrobiology Network Association – EANA*, na Europa. Tais organizações são formadas por diversas instituições e pesquisadores, fomentando pesquisas e conferências científicas em Astrobiologia e temas correlatos. A abordagem interdisciplinar tem se mostrado altamente eficiente para tratar os temas de alta complexidade, como a interação entre o ambiente astrofísico e sistemas biológicos, sendo que a colaboração entre pesquisadores tem sido possível nesses países pela criação de uma estrutura capaz de permitir a interação entre os mesmos, sendo por financiamento de conferências, criação de centros de pesquisa multidisciplinares e supra-institucionais reais e virtuais, fomento de projetos de pesquisas e bolsas de estudo específicas na área e uma forte participação junto aos programas espaciais.

O Grupo Brasileiro de Astrobiologia (AstroBio-Brazil, no CNPq), iniciou formalmente suas atividades em Março de 2006, a partir da realização, no Rio de Janeiro, do 1st Brazilian Workshop on Astrobiology, no Forum de Ciências e Cultura. A *European Astrobiology Network Association* (EANA) aprovou em 24/10/2007, a associação do AstroBio-Brazil em sua rede (7th EANA, Turku, Finlândia). Isso representou um passo importante para as atividades da

disciplina no país, na medida em que abre a possibilidade de colaborações e intercâmbio com cientistas europeus da área.

### **TEMAS EM ASTROBIOLOGIA ABORDADOS ATUALMENTE NO PAÍS**

A comunidade brasileira tem manifestado interesse em vários temas de astrobiologia nos últimos anos, e podemos citar a guisa de exemplo:

-- Análise de dados de Titã: As observações de Titã pela Cassini serão analisadas para estudo de sua meteorologia, desenvolvimento de modelos de transferência radiativa, para definir composição da sua atmosfera, para aplicação em outras atmosferas de corpos celestes.

-- Envelopes Circunstelares de objetos jovens: Medir fotométrica, espectroscópica e interferometricamente envelopes de estrelas jovens, sobretudo em bandas de moléculas astrobiologicamente interessantes a fim de identificar potenciais sítios de formação biológica favorável.

-- Formação e evolução de CHONs em diversos ambientes astrofísicos: A química da vida terrestre se baseia nos elementos C, H, O, N, os elementos quimicamente ativos com maiores abundâncias cósmicas. É provável que a vida em geral seja baseada em CHONs. O objetivo é a estimativa das abundâncias de compostos baseados em CHONs em diversos ambientes astrofísicos. Será usado o código de evolução quimiodinâmica CHEMODYN e a emissão IR obtida com a interface DUST. As previsões serão comparadas com observações de abundâncias, de galáxias até discos protoplanetários.

-- Identificação de biomoléculas no meio interestelar: O objetivo desta linha é identificar bandas em rádio de biomoléculas no MIS.

-- Investigação das condições de sobrevivência de microorganismos extremófilos em ambientes extraterrestres simulados: Simulações de ambientes extraterrestres em laboratório com o intuito de verificar a sobrevivência de microorganismos extremófilos em condições agressivas e investigar os mecanismos biológicos que podem contribuir para tal sobrevivência. Esse trabalho permite inferir a possibilidade desses microorganismos, ou microorganismos com mecanismos de resistência similares, sobreviverem ao ambiente extraterrestre, seja na superfície de outros planetas, seja em processos de transporte entre planetas.

-- Estrelas astrobiologicamente interessantes: idades, zonas habitáveis e órbitas galácticas: estudo de zonas habitáveis num conceito amplo e levando em conta condições astronômicas conhecidas.

-- Evolução química de biomoléculas no meio interstelar: Busca-se desenvolver equações e modelos que descrevam a evolução das abundâncias de biomoléculas importantes, tais como H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, HCN, etc, no meio

interestelar, a partir de um formalismo de Evolução Química da Galáxia misturado a considerações de Astroquímica.

-- Influência da atividade solar, da composição atmosférica terrestre e do campo geomagnético na vida da Terra: lições para a astrobiologia: A variação da atividade solar, da composição atmosférica terrestre e da intensidade do campo geomagnético foi registrada em diversas escalas temporais e pode-se relacionar a possíveis influências tanto na origem da vida na Terra como na sua evolução. Estes dados sugerem limite de variabilidade na atividade estelar, na composição atmosférica e no campo magnético exoplanetários, permitindo o surgimento e evolução de vida semelhante a da Terra em exoplanetas a serem encontrados em zonas habitáveis.

-- Influência da incidência de radiação de alta energia em biosferas: Tem-se estudado os possíveis efeitos de radiação de alta energia, eletromagnética ou particulada, proveniente de fontes astrofísicas (*flares* solares, raios cósmicos, *gamma-ray bursts*, *giant flares de soft-gamma repeaters*, etc) sobre biosferas, tanto do ponto de vista de efeitos biológicos na escala molecular quanto na escala de ecossistemas, para o entendimento das possíveis influências na dinâmica ecológica e evolutiva global.

-- Formação de biomoléculas em atmosferas e superfícies planetárias: Pretende-se reproduzir dentro de uma câmara experimental, a química, a temperatura e o campo de radiação (Solar) presente em diferentes atmosferas e superfícies planetárias (ex. Titã, Marte, Venus, Terra Primitiva, etc...), com o intuito de produzir resíduos orgânicos e novas moléculas conseqüentes do processo de fotólise na superfície de aerossóis suspensos na atmosfera ou mesmo no solo.

-- Fragmentação de biomoléculas em condições similares às do meio interestelar: Estudos da fragmentação de diversas biomoléculas por fótons energéticos ou partículas em condições de ultra-alto vácuo simulando o ambiente espacial têm sido realizados, de maneira a compreender a resistência das mesmas nessas condições. Tais estudos têm sido importantes para o cálculo do tempo de vida das diversas espécies moleculares, bem como para a geração de modelos químicos com as espécies químicas reativas formadas pelas fragmentações, os quais tem papel fundamental na química de moléculas biologicamente importantes no meio interestelar.

### **PERSPECTIVAS CIENTÍFICAS PARA O ASTROBIO-BRAZIL**

A atividade de grupos trabalhando com temas relacionados com astrobiologia no Brasil tem aumentado progressivamente nos últimos anos, impulsionada pelo interesse da comunidade no tema, pelo crescente acesso a dados astronômicos provenientes de cada vez mais potentes telescópios

espaciais e terrestres e de sondas planetárias, pelo interesse das agências de fomento em financiar projetos interdisciplinares de grande escopo e pelo interesse do público.

A confluência de diversas áreas de pesquisa motivou a criação do Laboratório de Astrobiologia - AstroLab, pelo Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo. Tal laboratório de pesquisa tem o intuito de se tornar um centro de pesquisa interdisciplinar, supra-institucional e aberto a usuários externos que tenham interesse em estudar temas relacionados com astrobiologia. A formação desse laboratório foi possível devido ao interesse e colaboração de pesquisadores da área de astronomia, biologia e química, sendo que alguns dos projetos e colaborações a serem realizados no mesmo são listados abaixo:

-- AstroCam – Câmara de Simulação de Ambientes Espaciais e Planetários: estão sendo construídas câmaras especiais para simular parâmetros ambientais de maneira precisa, como pressão, composição gasosa, temperatura e radiação. Serão construídas câmaras específicas para trabalhar na faixa de ultra-alto vácuo, podendo simular o ambiente espacial, e câmaras para trabalhar com atmosferas gasosas, para simular superfícies planetárias. As câmaras estão sendo projetadas para acomodar diversas fontes de radiação, como UV-Vis-IR, UV de vácuo e raios-X produzidos pelo Laboratório Nacional de Luz Síncrotron e radiação particulada produzida por canhões de elétrons e íons, bem como a possibilidade de utilização de aceleradores de partículas (DFN-IF/USP). Serão empregadas técnicas de detecção por espectroscopia UV-Vis, Raman, IR e de massa. Os estudos possíveis de serem realizados nessas câmaras são inúmeros, sendo alguns dos planejados a sobrevivência e resposta biológica de microorganismos, especialmente extremófilos; fragmentação e formação de biomoléculas em condições espaciais e planetárias, especialmente em gelos e grãos; detectabilidade de marcadores biológicos em condições planetárias; estudo geológicos, como ciclos de hidratação de minerais na superfície marciana; estudos aplicados em ciência de materiais, como testes de resistência à radiação de polímeros dopados com material carbônico nano-estruturado. Parte do projeto já está sendo financiada pelo Instituto Nacional MCT-CNPq INEspaço e conta com colaboração do Prof Fuad Kassab Júnior, EP-USP, Prof Arnaldo Naves de Brito, Laboratório Nacional de Luz Síncrotron e Prof Ralf Kaiser, University of Hawaii, para seu projeto científico e construção, devido a grande experiência de seus grupos na utilização desses sistemas.

-- Detecção de danos em material biológico por espectroscopia Raman: com colaboração com a Dra Eva Mateo-Martí (Centro de Astrobiologia – Espanha), Prof Howell Edwards (Bradford University, Reino Unido) e Peter

Vandenabeele (Ghent University, Bélgica), estão sendo desenvolvidas as técnicas espectroscópicas, especialmente Raman, para o estudo dos danos causados em moléculas biológicas e microorganismos por radiação, de forma não destrutiva, em condições espaciais e remota, por meio de sondas de fibra-ótica instalada no interior das câmaras de simulação. Tais estudos têm aplicação também no desenvolvimento de protocolos para detecção de sinais biológicos por sondas planetárias, na superfície de planetas.

-- Estudos teóricos de interação de radiação: por meio de modelagem computacional serão estudados os efeitos da radiação, tanto particulada quanto eletromagnética, em diversas faixas de energia, sobre as amostras e substratos de interesse. Esses estudos são importante para direcionar os trabalhos experimentais nas câmaras de simulação, especialmente para a compreensão dos efeitos protetores e catalíticos de diferentes materiais que poderiam envolver material biológico e moléculas pré-bióticas na superfície de planetas, em meteoros e cometas.

-- Colunas de Winogradsky marcianas: simulação de comunidades microbianas por longos períodos de tempo em colunas sob condições ambientais marcianas, de maneira a compreender como a interação de uma comunidade pode auxiliar a sobrevivência em condições ambientais severas. O estudo dos efeitos das comunidades na resistência já vem sendo feito em estudos de campo com nosso colaborador Armando Azua, PUC-Chile, no deserto do Atacama.

-- Microbiologia ambiental: o laboratório será construído para trabalhar de maneira segura e eficiente com amostras ambientais, com o objetivo de isolar novos microorganismos com potencial interesse astrobiológico. Para tanto, foram estabelecidas colaborações com grupos de pesquisa participantes PRO-ANTAR, permitindo acesso a amostras antárticas, e da PUC-Chile, para o estudo do ambiente hiper-árido do deserto da Atacama. Tais ambientes são de interesse astrobiológico pois são, em grande parte, análogos a ambientes extraterrestres (como Marte) pelas baixas temperaturas e disponibilidade de água. Está prevista a construção de sala limpa e refrigerada, para garantir a manipulação sem contaminação de amostras sensíveis, como a de testemunhos de gelo ou *permafrost* (solo congelado). Tais instalações seriam as primeiras do tipo no Brasil e na América Latina, estando baseadas no Laboratório de Glaciologia e Geofísica do Ambiente, da Universidade de Grenoble (França), por meio de colaboração estabelecida com o Prof Jean Robert Petit. Sua utilização é de interesse da comunidade do PRO-ANTAR e possivelmente da comunidade de estudos antárticos de outros países da América Latina. A implantação dessa área do laboratório já teve um projeto aprovado sob o edital CNPq PRO-ANTAR, para compra de equipamentos.

-- Efeitos da radiação e microbiologia atmosférica: em colaboração com a Profa Lynn Rothschild (NASA-AMES), Prof Carlos Alexandre Wuensche (INPE), Prof Thyrso Vilela (INPE) e Prof Pierre Kaufmann (Mackenzie), estão sendo planejados experimentos em balões e foguetes de sondagem para o estudo da resposta biológica e coleta de amostras em altitude. Os vôos de balão serão feitos em baixa altitude, para coletar amostras biológicas transportadas por nuvens, e em alta altitude (estratosfera, cerca de 30km), para exposição às condições de baixa pressão e alta radiação e coleta de amostras em diferentes altitudes, permitindo acessar dados de circulação em escala global de microorganismos. Além disso, a colaboração com a Profa Rothschild prevê a utilização conjunta das instalações do Laboratório Nacional de Luz Sincrotron e das futuras câmaras de simulação para testar diversos microorganismos em condições extraterrestres e, em especial, lunares. Em conjunto com o Prof Vanderlei Parro (Mauá) está sendo desenvolvido projeto de microssatélite científico capaz de realizar testes biológicos em órbita.

-- Espectroscopia Raman de meteoritos: com colaboração da Profa Maria Elizabeth Zucolotto (Museu Nacional – UFRJ), foram iniciados estudos da composição e processos de formação da coleção brasileira de meteoritos por espectroscopia Raman.

-- Divulgação científica e ensino: os temas de astrobiologia, como origem da vida e vida em outros planetas despertam grande interesse do público, o que a torna uma ferramenta interessante para o ensino da ciência e estímulo às carreiras acadêmicas. O Laboratório de Astrobiologia está sendo instalado no Observatório Abrahão de Moraes em Valinhos-SP, o qual, sob coordenação do Prof Ramachrisna Teixeira (IAG-USP), já tem experiência em utilizar a astronomia como ferramenta educacional, promovendo diversas atividades para o público. Nosso objetivo é complementar essas atividades e ampliá-las, de maneira a tornar o Observatório, além de um centro interdisciplinar de pesquisa, um centro de referência em divulgação científica, permitindo o acesso dos visitantes às instalações dos laboratórios e interação direta com os pesquisadores. Já estão previstas instalações e uma reformulação no projeto do Observatório para receber os visitantes.

Apesar do financiamento já provido pelo INCT INEspaço, serão necessário recursos adicionais para a montagem da estrutura de laboratórios do AstroLab e compra de equipamentos. Estimamos a necessidade de cerca de R\$2.000.000,00 para esse fim.

## **EQUIPE PARTICIPANTE DO PROJETO**

Prof Dr Eduardo Janot-Pacheco, IAG-USP

Prof Dr Ramachrisna Teixeira, IAG-USP

Prof Dr Amâncio C. S. Friaça, IAG-USP

Prof Dr Jorge E. Horvath, IAG-USP

Prof Dr Roberto D. Costa, IAG-USP

Profa Dra Claudia A. S. Lage, IBCCF-UFRJ

Profa Dra Vivian Pellizari, IO-USP

Profa Dra Heloisa Boechat-Roberty, OV-UFRJ

Profa Dra Tie Koide, FMRP-USP

Prof Dr Massuo J. Kato, IQ-USP

Profa Dra Maria Lígia Coutinho Carvalhal, ICB-USP

Profa Dra Maria Elizabeth Zucolotto, Museu Nacional –UFRJ

Prof Dr Fuad Kassab Jr, EP-USP

Prof Dr Vanderlei Parro, Instituto Mauá de Tecnologia

Prof Dr Arnaldo Naves de Brito, UNB

Prof Dr Marcelo Emílio, UEPG

Dr Douglas Galante, IAG-USP

Dr Paulo Penteado, IAG-USP

Dra Lydia Fumiko Yamaguchi, IQ-USP

Dra Cristina Rossi Nakayama, IO-USP

Dr Gustavo Morari do Nascimento, UFMG