

## **ASTROBIOLOGIA - MUNDOS NOVOS A SEREM EXPLORADOS:** possíveis descobertas que mudariam a perspectiva humana sobre si

*Beatriz Marocco Figueiredo Vaz<sup>1</sup>*  
*Centro Universitário Academia, Juiz de Fora, MG*  
*Letícia Stephan Tavares<sup>2</sup>*  
*Centro Universitário Academia, Juiz de Fora, MG*

Linha de Pesquisa: Educação

### **RESUMO**

Desde os tempos mais primórdios, a humanidade olha para os céus e o cosmos, analisando e refletindo se está sozinha neste imenso universo, ou se a vida se fez possível em outros lugares. Para isso, é necessária uma análise de quais seriam os parâmetros necessários para o desenvolvimento de um planeta habitável desde sua formação. E como a vida teria se desenvolvido na Terra a partir disso. Para disso, são necessários estudos em organismos capazes de suportar ambientes inóspitos para a maioria dos organismos vivos conhecidos; frequentes melhorias tecnológicas de telescópios, contendo por exemplo, espectrômetros e lentes de capacidade de longo alcance; cabines de simulações de como seriam os solos e atmosferas de outros planetas, e analisar a órbita estelar em que se encontram. Talvez esse futuro não seja tão irreal, levando em conta o imenso número de exoplanetas que se tem disponíveis para estudo, os modelos computacionais poderiam ajudar nessas previsões de potenciais planetas em abrigar vida.

**Palavras-chave:** Proto-Terra; Extremófilos; Telescópios; Bilhões de anos;

### **1 INTRODUÇÃO**

Quando nova, iniciava-se um fascínio pelo Universo ao observar as estrelas nos céus de uma cidade do interior de MG, e ao se assistir documentários, ainda criança, sobre astronomia em canais como a Discovery, desenvolveu-se então, um hiperfoco em temas que posteriormente na vida foi direcionado a uma área de estudo correspondente aos temas de mais agrado, a Astrobiologia.

O ser humano desde sempre teve um fascínio pelo espaço e o que há nele, e através dos anos de desenvolvimento em áreas como a matemática e a tecnologia de telescópios, foi possível a descoberta de inúmeros corpos celestes. Essa ciência

chamada de astronomia, com a influência de áreas como a biologia, e do questionamento humano sobre seu lugar no Universo, deram lugar ao desenvolvimento da área da Astrobiologia, quem estuda a capacidade do desenvolvimento da vida pelo Universo.

É ensinado em colégios que a Terra se iniciou como uma “bola de fogo”, formada há aproximadamente 4.54 bilhões de anos pela atração gravitacional de uma recente estrela chamada Sol. Porém a parte mais interessante, pouco explicada na escola, seria, como essa gravidade atraiu os gases primordiais (de conteúdo principal Hidrogênio, H e Hélio, He) e massas cósmicas próximas, tais como os meteoritos condríticos composto por combinações de metais + sulfatos + silicato + carbono + água (MASON, 1963). O que faria com que estes se aglomerassem e formassem massas maiores, e então, dariam origem aos planetas, como a então proto-Terra, hipótese de Chamberlin-Moulton (DENG *et al.*, 2019).

E diferentemente da composição atmosférica atual, de 78% de nitrogênio; 21% de oxigênio; 0,93% de argônio; 0,039% de dióxido de carbono; e, 4% de vapor d'água (KASTING, 1993), uma atmosfera primitiva teria se formado ao redor do proto-planeta, por volta dos 4.5 bilhões de anos (HAYES; RAFFERTY, 2020).

Essa atmosfera inicial parece ter sido formada basicamente pela captura de átomos e moléculas advindas dos gases primordiais do nosso sistema solar com velocidade menor que 11,3 km/s e de massa maior que 10N, possibilitando sua captura pela proto-Terra e de massas cósmicas atraídas por ela. Porém, somente resquícios destes gases sobreviveram até os dias atuais, pois essa atmosfera foi varrida quase que em sua totalidade pelos fortes ventos solares de um Sol recém-formado (HAYES; RAFFERTY, 2020).

Diferentemente dos planetas, os satélites naturais, como a Lua, têm sua formação dependentes diretamente dos tamanhos e tipos dos planetas aos quais circundam. Estudos de isótopos que compõem as rochas lunares, confirmam que tanto a Lua quanto a Terra têm parcialmente a mesma composição de solos. O que suporta a teoria que diz que há aproximadamente 4.4 a 4.5 bilhões de anos ocorreu uma colisão de uma massa cósmica de tamanho semelhante ao de Marte com a proto-Terra, e, os

fragmentos dessa colisão foram capturados pela gravidade terrestre se fundindo e originando a Lua (TILLMAN; HOWELL; BARTELS, 2021). Então, após sofrer com impactos catastróficos como o que teria originado a Lua, somado a formação de um núcleo rochoso abundante em silicato, e o decaimento radioativo de elementos de curta duração, em certo ponto de sua trajetória a proto-Terra se tornou tão quente que grande parte do ferro e outros metais sólidos teriam se fundido, criando os oceanos de magma (ELKINS-TANTON, 2012). Com o passar do tempo esses metais se diferenciaram nas camadas precursoras do manto, crosta e núcleo da Terra atual (HAYES; RAFFERTY, 2020).

Após um período considerado curto pelos cientistas, durante o éon Hadeano, uma fina crosta se formou sob os oceanos de magma, e com isso, gases de diferentes classificações de condritos, e que estavam aprisionados no manto, teriam começado a pressionar a recém-formada crosta terrestre o que resultou na formação de vulcões, os quais liberavam principalmente vapor d'água e outros gases como, argônio (Ar); hidrogênio (H); hélio (He); metano (CH<sub>4</sub>); dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); nitrogênio (N<sub>2</sub>); amônia (NH<sub>3</sub>); e certa quantidade de sulfeto (CS<sub>2</sub> ou H<sub>2</sub>S) e cianeto (CN), o que também resultou na diminuição do núcleo em cerca de 5% do diâmetro (Oza et al., 2019) (HAYES; RAFFERTY, 2020). Esses gases liberados pelos vulcões teriam sido parcialmente ejetados para fora do alcance gravitacional da proto-Terra e parcialmente retidos pela sua recém estável gravidade, e assim, iniciaram a formação da atmosfera terrestre que se conhece (HIRSCHMANN *et al.*, 2019).

A estabilização da atmosfera associada à constante liberação de vapor d'água, pelos vulcões, possibilitou a condensação da água e com isso, por volta de 4.28 bilhões de anos iniciou-se a formação de corpos de água, como mares e oceanos primitivos (MOJZSIS, 2003). Outra hipótese para a formação de corpos de água durante o Hadeano se baseia na análise por espectrometria de massa de isótopos de hidrogênio e deuterium (H/D). A porcentagem de H/D encontrada em condritos enstatite é semelhante à dos oceanos da Terra, sugerindo que corpos contendo uma quantidade relevante de cristais de gelo foram atraídos pela Terra, participando da formação dos oceanos do planeta (PIANI *et al.*, 2020).

Uma maneira de analisar como a Terra fora no passado é comparando-a com outros planetas rochosos, como os vizinhos mais próximos, Vênus e Marte, e satélites rochosos como Europa, os quais evoluíram em direções completamente opostas à da Terra (OZA *et al.*, 2019). Vênus, semelhante em massa e núcleo com a Terra, se tornou ao longo de bilhões de anos um planeta extremamente quente pelas ininterruptas atividades vulcânicas, com sua atmosfera chegando a 96.5% de CO<sub>2</sub>, ácido sulfúrico e Nitrogênio, tornando-a extremamente densa (KIREEV; KRYMSKII, 2011).

Marte apresenta um tamanho menor, e assim como em Vênus não possui uma proteção dipolar eletromagnética contra os ventos solares que varrem sua atmosfera continuamente. E, por ter uma massa menor, diminui a velocidade de escape de átomos mais leves como o Hidrogênio. É importante destacar também, que diferentemente de Vênus, essa atmosfera não é compensada por atividades vulcânicas constantes, e assim, sua atmosfera teria se tornado cada vez mais rarefeita ao longo de bilhões de anos (KIREEV; KRYMSKII, 2011). Embora, estudos realizados pela Cerberus Fossae System em 2022 tenham logrado analisar mais de 500 atividades sísmicas em solo marciano, o que propõe que num passado geologicamente recente o planeta tenha tido fortes atividades vulcânicas (PLAIT, 2023).

A formação da composição atmosférica Terrestre, tal como conhecemos hoje, só foi possível graças a coevolução da atmosfera com os organismos procariontes primitivos, com o nano fóssil contendo material orgânico datado de aproximadamente 3.8 bilhões de anos. Organismos estes que, de acordo com a teoria da endospermia, teriam se originado através da “sopa primordial” de compostos orgânicos sintetizados por reações não biológicas de CH<sub>4</sub> (metano) e NH<sub>3</sub> (amônia) (HAYES; RAFFERTY, 2020). Enquanto a exospermia ou panspermia, defende que as estruturas orgânicas que levaram ao desenvolvimento da vida teriam vindo de condritos, especialmente do tipo carbonáceos contendo estruturas moleculares de ligação carbônica (BOWDEN, 2012).

Com o ambiente inóspito, e radical em que se encontrava o planeta durante esse éon, além da matéria orgânica encontrada em condritos externos e internos ao sistema solar, para que estes organismos se desenvolvessem teriam de ser capazes de

suportar situações de extremos, onde os mais bem sucedidos foram os que produziram como principal bioproduto o oxigênio, e como consequência o oxigênio se tornou dominante na atmosfera por um certo período (BOWER *et al.*, 2019). Com o tempo o acúmulo desse bioproduto deu origem a camada de ozônio (O<sub>3</sub>), cuja proteção contra a radiação solar, que vem aumentando conforme o passar dos bilhões de anos, defende o material biológico terrestre (MOJZSIS, 2003; GOMEZ-ELVIRA, 2006).

A presente revisão bibliográfica apresenta o que é a Astrobiologia e como são utilizados telescópios supersensíveis para identificar componentes atmosféricos de outros planetas. Ao comparar a atmosfera primitiva terrestre com a de outros planetas objetivamos fazer um levantamento sobre as possibilidades, levando em conta os exemplos de vida que temos em nosso próprio planeta, dessas atmosferas extraterrestres desenvolverem uma vida primitiva.

## 2 METODOLOGIA

O presente trabalho de conclusão de curso foi estruturado mediante pesquisa bibliográfica de materiais de pesquisa localizados principalmente nas bases de dados SciELO e Google Scholar, E-Journals, Science.gov, Science-Hub, além de fazer uso das referências encontradas nos próprios materiais. Estes foram, artigos científicos, monografias, dissertações e livros. Para a busca do material bibliográfico, foram utilizados os seguintes descritores: astrobiologia, panspermia, organismos extremófilos, atmosfera primitiva, atmosfera secundária, proto-Terra, Terra primitiva, campo magnético terrestre, atmosfera de Vênus e Marte, atividade vulcânica em Marte e Vênus, campos magnéticos de Vênus e Marte, tipos e uso de espectrômetros. Correlacionando cada palavra com o que o texto requeria no momento da pesquisa, usando sintaxes como “e;” ou”; “como “.

A pergunta que motivou a pesquisa foi: como a formação da Terra pode ser utilizada para compreender a possibilidade de vida em outros planetas; e se houver, como se desenvolveria essa vida?

Foi utilizado como critério de inclusão: trabalhos aceitos e publicados em locais

de renome, e fora utilizado os links disponíveis nas referências de cada um deles para dar continuidade ao fio de pensamento. O delineamento de pesquisa fora do tipo transversal e horizontal, artigos científicos, monografias e dissertações de material de maioria posteriores à 2000. Além de uso de teorias de datas mais antigas para dar enfoque, como a de deriva continental de 1928.

Os artigos excludentes foram os que não possuíam referências e/ou autores determinados, informações não referenciadas e/ou de difícil comprovação, além de estarem publicadas em ambientes desconhecidos e sem uma padronização de ordem de corpo de texto.

Após consulta às bases de dados, os artigos foram selecionados a partir do título, do resumo e, em seguida a leitura integral deles, para que fossem aplicados os critérios predefinidos para a inclusão ou exclusão destes. Para extração dos dados dos artigos, elaborou-se um instrumento contendo as seguintes informações: autores, ano de publicação, objetivo do estudo e resultados.

### **3 DESENVOLVIMENTO**

A Astrobiologia é uma atividade de pesquisa científica que busca por informações sobre a origem, evolução e a possibilidade de vida fora da Terra poder existir (BLUMBERG, 2003). Para o desenvolvimento deste tipo de atividade, é necessário realizar um esforço colaborativo de informações resultantes de diversas áreas do conhecimento, ou seja, a Astrobiologia é uma área multidisciplinar. Independentemente de estar em estado fossilizado ou vivo, essa vida tem de ser capaz de se adaptar aos ambientes extremos onde se encontram, e retirar dele o necessário para se desenvolver, visto que usando a Terra de base, temos que ambas as assinaturas biológica e geológica de um corpo planetário tem de interagir entre si de forma a possibilitar o desenvolvimento de Vida (EDWARDS; VILLAR, 2006).

Inúmeros fatores internos se desencadearam e foram responsáveis pelas diversas mudanças na atmosfera terrestre, para chegar a ser o que é hoje. Fatores internos como a deriva continental (WEGENER *et al.*, 1928), o intemperismo com os

ciclos de silicato de carbono (TRÉGUER *et al.*, 1995) e posteriormente, as mudanças em sua composição química geradas diretamente pelos bioprodutos da própria vida. Como fatores externos, temos o aumento da atividade e incidência solar através dos bilhões de anos, contínuos choques com corpos celestes de diversos tamanhos, e de uma gradual mudança na órbita do planeta (MOJZSIS, 2003).

A partir dos estudos sobre a formação da atmosfera e do surgimento da vida terrestre, pode ser calculada a probabilidade de a vida ter surgido e desenvolvido em outros corpos rochosos do sistema solar como também exoplanetas, para tal busca-se bioassinaturas como a presença de água em qualquer momento geológico de sua história (GOMEZ-ELVIRA, 2006).

Como maneira de sistematizar os principais conhecimentos sobre a formação das condições ambientais necessárias para a formação de seres vivos, propomos a revisão do estado da arte de alguns pontos abordados ao longo do trabalho.

### 3.1 A ORIGEM DA VIDA

Nas últimas duas décadas químicos e biólogos buscam aplicar uma abordagem sistêmica à química pré-biótica terrestre, na tentativa de reproduzir o que teria ocorrido na Terra primordial. Seu foco estaria em compreender como funções biológicas relevantes teriam resultado de uma mistura de moléculas simples pré-bióticas (ALEKSANDROVA; BONFIO, 2022), e/ou, se sua origem teria advindo possivelmente de moléculas orgânicas e compostos aminoácidos já formados, contidos em meteoritos condritos, e que ao se chocarem com a Terra trouxeram com eles os materiais para a vida (BOWDEN, 2012).

A teoria de Gaia (deusa Mãe-Terra da mitologia grega), propôs haver uma intrínseca interação entre o planeta e os organismos que nele residem. Organismos esses que, em conjunto, seriam capazes de regular o meio abiótico a sua volta, como também, alterar a composição de oceanos, do solo, da atmosfera e com isso alterar o clima como um todo (LOVELOCK, 2003). Essa teoria foi a principal predecessora do campo de estudo ecológico da biosfera, pois ela defende que a Vida (como um conjunto de todo o biótico) ao interagir com o abiótico, como a forma como a energia solar é

absorvida e redistribuída pela Terra, obrigatoriamente altera a redistribuição a nível trófico de parte dessa energia obtida (LENTON *et al.*, 2020). Redistribuição essa que seria de responsabilidade quase que totalitária dos organismos fotossintetizantes, os quais têm a capacidade de converter +/- 0.3% de  $\sim 180 \text{ W m}^{-2}$  de radiação solar, incidida sob a Terra, em energia para produção de produtos primários como os sacarídeos, resultando na absorção de  $\sim 264 \text{ TW}$  (DYKE *et al.*, 2011), sendo metade de consumo biológico próprio e a outra metade disponível como produto primário na cadeia trófica (LENTON *et al.*, 2020). De maneira que, ao retirar recursos abióticos e liberar bioresíduos, o organismo não só se adapta ao seu ambiente, em realidade, ajuda a construí-lo (DUTREUIL; POCHEVILLE, 2015).

A transição de compostos orgânicos simples em moléculas biológicas mais complexas é o ponto crucial para entender a origem da vida, e, para isso precisamos entender como o metabolismo desses organismos funcionava, levando em conta que ele é a reação interconectada de sustentação da vida (ALEKSANDROVA; BONFIO, 2022). Para demonstrar como reações fotoquímicas inorgânicas de consumo de gases como  $\text{CH}_4$  e  $\text{NH}_3$ , promovidas pela irradiação solar na atmosfera terrestre, ou espacial, seriam as responsáveis pela sintetização de compostos orgânicos (HAYES; RAFFERTY, 2020), pesquisas químicas recentes têm buscado desenvolver sistemas complexos que possibilitem a biomimetização de uma rede de reações metabólicas celulares. Entre elas, o processamento de informação a nível celular e a produção e compartimentalização de energia, buscando identificar passo a passo os múltiplos caminhos para a síntese de moléculas consideradas como os blocos da vida, tais como os nucleotídeos, aminoácidos, lipídeos e cofatores a base de metais (ALEKSANDROVA; BONFIO, 2022). No entanto, como estes compostos são instáveis quando expostos a radiação atmosférica, isso torna mais difícil a sua visualização e a tarefa de analisá-los às condições ótimas ocorridas, a nível químico, e para que mais processos metabólicos complexos se desenvolvessem (HAYES; RAFFERTY, 2020).

### 3.2 ORGANISMOS UNICELULARES PRIMITIVOS

Atualmente a teoria que melhor explica os primeiros organismos vivos é a hipótese

do *RNA-protein world*, onde processos realizados pela Vida (organismo biótico) como a conhecemos hoje, sintetiza o DNA em RNA e então em proteína, teria sido precedida por uma forma mais simples de organismo vivo, baseado apenas em RNA e proteínas (TEERIKORPI *et al.*, 2009).

A presença de nano fósseis de materiais orgânicos, cadeias de carbono orgânico e mineral nos sedimentos datados do éon Archeano, há 3.8 bilhões de anos, corroboram com essa teoria. Já que as ligações de nucleotídeos livres necessárias para a síntese desse RNA e outras proteínas livres na Terra, seria consistente com o período do desenvolvimento do ciclo do carbono biologicamente mediado nos recém-formados corpos de água líquida (HAYES; RAFFERTY, 2020), ou advindos por panspermia (PFLUG, 2001).

Embora a dificuldade na obtenção de materiais orgânicos datados de 3.8 bilhões de anos, por se encontrarem em péssimas condições de preservação, são então utilizadas medições de  $^{12}\text{C}$  e  $^{13}\text{C}$  em rochas deste período, pois organismos vivos se utilizam somente do isótopo  $^{12}\text{C}$ , enquanto rochas acumulam os dois. E somente a partir desse período é notada uma diferença quantitativa nas medições (MOORBATH, 1973).

Os sedimentos datados de 3.5 bi já demonstram um melhor estado, com uma maior abundância permitem melhores chances de serem analisados. Tais sedimentos, sendo o mais antigo localizado na Austrália, permitiram observar carbono orgânico e inorgânico em micro fósseis, que demonstram que a vida teria surgido por volta desse momento geológico (CAMINHA; LEITE, 2015). Como exemplo desses fósseis temos os estromatólitos, depósitos em camadas de microorganismos, algas cianofíceas autotróficas sintetizastes (Cyanobacterias) e detritos sedimentares (FERRONATO, 2021).

As microestruturas dos meteoritos encontrados e datados deste mesmo período de 3,5 bi anos, se assemelham a microfósseis de organismos primitivos, e, com a análise química da espectrometria de íons positivos e de tamanho da massa de suas estruturas orgânicas, foi visto que podem ser assemelhar às análises de estratos rochosos contendo microfósseis pré-cambrianos. Como exemplo temos o meteorito de

Murchison, o qual possuía registros importantes de pequenas estruturas cercadas por uma membrana de bicamada lipídica (D'ISCHIA *et al.*, 2021).

Ainda que não claramente compreendida, acredita-se que as membranas celulares responsáveis por resguardar o RNA celular teriam se formado por processos relativamente simples de agregação espontânea dessas moléculas lipídicas em solução aquosa (poderoso solvente orgânico polar), possivelmente originando vesículas lipídicas quando nesta solução contendo abundância de lipídeos (TEERIKORPI *et al.*, 2009). Através do transporte passivo, moléculas de baixo peso molecular teriam adentrado estas membranas lipídicas, e ao se aproveitarem dos valores energéticos liberados pelas constantes reações químicas de redução de moléculas ricas em hidrogênio, e oxidação de moléculas ricas em metais iônicos (conhecida como reação REDOX), teria sido possível o aproveitamento desses cofatores energéticos e de elétrons livres na síntese de diferentes enzimas precursoras do desenvolvimento do RNA molecular no interior destas membranas lipídicas. Um local que teria todas as condições para a realização destas reações seria em ambientes extremos, tais como em fontes hidrotermais e ao redor de sistemas vulcânicos (TEERIKORPI *et al.*, 2009), ou em ambientes abióticos de extrema radiação e baixa pressão, como em meteoritos condritos.

Atualmente ainda é possível encontrar várias espécies de bactérias que continuam se reproduzindo nestes ambientes, estas são conhecidas por serem bem resistentes a situações e ambientes extremos.

### 3.3 ORGANISMOS EXTREMOS

Organismos extremófilos são capazes de suportar situações extremas de ambientes catalogados como inóspitos para a maioria dos organismos vivos conhecidos, em que a maioria das espécies não têm capacidade de crescer e nem de sobreviver (ALI *et al.*, 2023). São divididos em extremófilos exclusivos, extremotolerantes específicos e extremotolerantes generalistas.

<b>extremos salinos</b>	<b>Extrema baixa concentração de nutrientes</b>
Halófilos	Oligotróficos
Halotolerantes	Oligotrófocotolerante
<b>Extremos ácidos</b>	<b>Extremos básicos</b>
Acidófilos	Alcalífilos
Acidotolerantes	Alcalinotolerantes
<b>Extrema alta pressão</b>	<b>Extrema baixa pressão em condições de vácuo</b>
Barófilos	Hipobarófilos
Barotolerantes	Hipobarotolerantes
<b>Extremas altas temperaturas</b>	<b>Extrema baixa temperatura</b>
Termófilos	Psicrofílicos
Termotolerantes	Psicotolerantes
<b>Extrema aridez</b>	<b>Extrema radiação</b>
Xerófilos	Extremófilos radioresistentes
Xerotolerantes	

**Fonte:** elaborado pela autora.

Como exemplo de extremófilos com uma grande função econômica, temos as bactérias termofílicas *Thermus aquaticus* (Taq), *Thermococcus litoralis* (Vent) e *Pyrococcus furiosus* (Pfu), são atores-chave no diagnóstico baseado em reações de cadeia de polimerase (PCR), já que estas produzem enzimas de DNA polimerase termoestáveis (ARORA; PANOSYAN, 2019).

Esses ambientes no passado foram erroneamente considerados como exclusivos de dominação por organismos procaríotos já que são os organismos considerados os primeiros a conquistarem os meios abióticos extremos, porém, foram descobertas comunidades de fungos também capazes de suportar estes extremos ecossistemas e assim se tornando parte integral desses locais (GUNDE-CIMERMAN *et al.*, 2009). Como exemplo de um organismo do reino fungi capaz de suportar situações extremas,

temos o *Aspergillus atacamensis* (cepa EXF-6660), microrganismo halofílico e xerofílico extremo, podem ser encontrados em corpos de água salina em cavernas do Deserto do Atacama, Chile, e estudos comprovam uma capacidade de suportar ambientes de solução de saturação até 25% de NaCl (GOSTINCAR *et al.*, 2022; MORENO-PERLIN *et al.*, 2023).

Já os organismos extremotolerantes especialistas, são chamados de especialistas por terem se especializado a tal ponto em que suportam salinidades altíssimas e até o conjunto de altas salinidades e aridez. Podemos citar o fungo extremotolerante especialista: *Wallemia ichthyophaga*, uma cepa do filo *basidiomycota*, que pode suportar uma solução saturada em NaCl, porém não consegue se desenvolver em ambientes sem no mínimo 10% de NaCl, o que a torna especialista em suportar ambientes saturados de diferentes concentrações (GUNDE-CIMERMAN *et al.*, 2023).

Os organismos extremotolerantes mais generalistas podem sobreviver tanto em ambientes bem extremos quanto em ambientes mais amenos. Como exemplo, temos a cepa *Hortaea werneckii*, fungo capaz de crescer e desenvolver em solução extremamente saturada de NaCl, porém também é capaz de se desenvolver em meio micológico sem nenhuma presença de NaCl, o que demonstra a versatilidade da espécie (GUNDE-CIMERMAN *et al.*, 2023).

No caso das bactérias, apesar de algumas não serem extremófilas em si, elas são capazes de compor uma camada de proteção contra agentes externos, chamada de biofilme, que é composta principalmente por polissacarídeos. Esse biofilme é capaz de proteger os organismos de tanto ambientes halófilos quanto acidófilos, o que possibilita que mesmo sem ter um organismo preparado sejam capazes de explorar novos ambientes. Podem ser encontrados desde em entupimento de tubos, em balcões de cozinha, ou mesmo na superfície dos dentes (DASSARMA; ARORA, 2001).

A resistência de organismos extremófilos a radiação é um parâmetro chave ao se considerar uma presença de vida extraterrestre. Somada a capacidade de sobrevivência em superfícies gélidas e áridas, como vistas em Marte, ao longo de tempos geológicos, pois este é constantemente bombardeado por radiação cósmica solar e galáctica (HORNE *et al.*, 2022). Para isso, estudos realizados na Universidade de

Ciências da Saúde e de Serviços Uniformizados em Maryland, são de extrema importância na área. Os quais demonstram que organismos capazes de acumular antioxidantes de manganês (Mn), exibem uma maior resistência a essa radiação. Confirmado pelo organismo utilizado no estudo, a bactéria *Deinococcus radiodurans*, apelidada de "A bactéria Conan", o qual teria exibido uma maior quantidade desse antioxidante protetor, e ao ser ressecada por 5 dias, fora capaz de resistir a 140 kGy de radiação, além desta também ser capaz de resistir a temperaturas de  $-80^{\circ}\text{C}$  e suportar longos períodos de dormência (HORNE *et al.*, 2022).

### 3.4 VIDA EXTRATERRESTRE

A atividade de pesquisa desenvolvida a partir da Astrobiologia é uma dentre as mais importantes ciências da atualidade, afinal, caso seja confirmada a existência de vida fora da Terra, isso mudaria por completo a concepção geral de religião, do universo e do lugar em que o ser humano se encontra nele, e assim inicia-se toda uma nova área da biologia focada nesses novos indivíduos (ENYA *et al.*, 2022).

As bioassinaturas corresponde a capacidade de um ser de deixar a marca de sua existência impressa por onde passou, e se divide em gasosa, de superfície e temporais, seja ela terrestre ou extraterreste (KIANG *et al.*, 2018). Como exemplo, de tipo de bioassinatura gasosa de seres como cianobactérias, tem-se o  $\text{O}_2$  e  $\text{O}_3$ , que possivelmente levaram ao desenvolvimento de características da vida terrestre como é conhecida (FUJII *et al.*, 2018). Outra possível forma de se identificar vida, no caso, exclusivamente de característica fotossintetizante, seria com a curva espectral de vegetação de borda vermelha (VRE), que se utiliza de espectrômetros capazes de detectar a luz infravermelha refletida à atmosfera de planetas pelas clorofilas presentes nos cloroplastos desses seres. Estas ao absorverem os comprimentos de onda espectral azul e vermelho, e refletem o infravermelho que não lograr ser absorvido pela água presente na célula, esse infravermelho seria de fácil detecção por espectrômetros de massa (FUJII *et al.*, 2018).

Desde o início das pesquisas por planetas externos ao sistema solar, o número de exoplanetas descobertos chegou a 5543 (exoplanet.eu, 2023), inclusive, entre eles

planetas de composição e conformação semelhantes a da Terra, com também sua massa e temperatura semelhantes (SCHNEIDER *et al.*, 2011; VAN HOOLST *et al.*, 2019).

A pergunta chave se encontra em saber se estes planetas semelhantes à Terra são estáveis em sua órbita em torno de sua estrela, e em sua estrutura geológica e atmosférica, e contendo corpos de água líquida ao ponto de se tornarem habitáveis. e, então, se essa estabilidade seria a longo prazo, a ponto desta vida se desenvolver em uma estrutura complexa (KASTING, 1993). Para que possamos observar estas características planetárias, dificuldades causadas por extremo contraste que a luz das estrelas de sistemas externos causa na detecção de planetas ao seu entorno, tem de ser superadas. Essas altas precisões necessárias para a visualização destes exoplanetas se tornou um importante campo da astronomia moderna, ainda que estes instrumentos não possam observar um organismo diretamente, eles podem observar e detectar a presença de sinais sugestivos de possível vida em planetas extrassolares (ENYA *et al.*, 2022).

### 3.5 ESPECTRÔMETROS E OUTRAS ANÁLISES DE CORPOS EXTRASSOLARES

Na espectroscopia UV-Vis, sabe-se que cada tipo de elemento atômico contém um número  $X$  de elétrons distribuídos em camadas que ao serem excitados, transicionam para níveis mais altos, e ao liberarem essa energia ela é emitida em forma de luz. Essa luz quando vista a partir de um prisma, demonstra a assinatura “impressão digital” de um determinado átomo ou átomos em uma molécula observada, pois vibram em uma frequência específica liberando espectros de emissão únicos a cada elemento. Enquanto a espectroscopia de infravermelho (IV), funciona através da leitura de vibrações moleculares, onde estas ao serem expostas a radiação IV, que embora não seja capaz de energizar os elétrons a tal ponto que mudem de nível, suas ligações moleculares absorvem o IV o que faz com que vibrem de distintas maneiras a depender dos átomos presentes e qual o tipo de ligação entre eles, podendo assim determinar a estrutura da molécula (NAG *et al.*, 2023).

O desenvolvimento de tecnologias capazes de analisar e simular ambientes diversos como o conteúdo químico das atmosferas de exoplanetas, são ferramentas de extrema importância para os estudos de geologia, astronomia, química cósmica e estudo planetário. Entre eles um dos mais antigos seria o Hubble, que ativo desde 1990, possui uma câmera de visão aberta, um de alta resolução e precisão na observação de centros de galáxias e nebulosas, e um espectrógrafo cósmico (GRIFFITH *et al.*, 2012).

Espectrômetros cada vez mais potentes possibilita aferir a composição atmosférica de outros corpos celestes mais distantes e antigos. Como exemplo, temos o James Webb, com sua alta sensibilidade a radiação IV e alta resolução de imagens, o torna capaz de analisar exoplanetas e suas posições em seus sistemas solares e seus níveis de radiação luminosa, estrelas e galáxias mais antigas (NAG *et al.*, 2023). O EXOCAM permite estudar a relação de solo-atmosfera de Marte através de amostras obtidas por missões ao planeta, temos o SURFREESIDE simulando ambientes interestelares e protoestelar, e Andromeda simulando as condições planetárias de Marte (GOMEZ-ELVIRA *et al.*, 2006). Essas câmaras possibilitam o estudo da composição planetária, focando em um possível manto ainda vivo e emanando radiação, e de seus ciclos de silicato de carbono derivados de um possível intemperismo, além da presença de água em qualquer estado que possa disponibilizar íons livres para a formação de matéria orgânica como Hidrogênio, Oxigênio, Nitrogênio e Carbono (OOSTERLOO *et al.*, 2021).

Melhores e mais precisos telescópios são capazes de encontrar e analisar novas estrelas e novos exoplanetas, o que torna necessário expandir a lista de sistemas estelares a serem analisados, e ao mesmo tempo de afunilar o número de planetas prioridades da atenção dos cientistas em busca de possíveis berços de vida extraterrestre (TURNBULL; TARTER, 2003). O que motivou a criação do Catálogo de Sistemas Estelares Habitáveis (HabCat) pelo projeto Phenix em Pesquisa de micro-ondas de alta resolução (HRMS), do Instituto SETI (Busca pela vida Extraterrestre) (TURNBULL; TARTER, 2003).

O projeto consiste em buscar, de forma ininterrupta e multidirecionada, por sinais de rádio possivelmente emitidos por tecnologias de civilizações extrassolares na frequência de alcance entre 1-10 GHz, assim como um alvo na busca pelas 1000 estrelas mais próximas com resolução espectral e sensibilidade na faixa de 1-3 GHz (TURNBULL; TARTER, 2003). A criação de um catálogo de estrelas capazes de desenvolver a vida em seus sistemas utilizando a Terra como exemplo, preconiza como critérios de busca um planeta de composição terrestre, com água em estado líquido em sua superfície, presença de alguns elementos pesados, como o elemento P (TURNBULL; TARTER, 2003).

Além disso, o planeta deve se encontrar na zona habitável do seu sistema solar, ou seja, ser perto o suficiente para manter uma temperatura habitável capaz de sustentar H<sub>2</sub>O em estado líquido, mas longe o bastante para não receber diretamente as explosões solares e conseguir desenvolver uma atmosfera. Outra característica analisada na busca de planetas candidatos a vida é a fonte de energia da estrela de seu sistema solar, pois ao analisar a composição nuclear da estrela, é possível determinar que estrelas ricas em metais emitem menos radiação UV do que estrelas pobres em metais, ainda que seus planetas apresentem maior exposição à radiação UV (BRÜHL *et al.*, 2023).

A estabilidade do sistema solar é de extrema importância, visto que a possibilidade de que a vida tenha um desenvolvimento em bilhões de anos, aumenta as chances de um desenvolvimento em organismos complexos. Ainda que evidências fósseis e relógios biomoleculares corroborem que a vida tenha se iniciado na Terra por volta de 0.8 bilhões de anos após a formação do planeta, 0.2 bilhões de anos à menos (HAYES; RAFFERTY, 2020).

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em vista de que esta ciência é relativamente recente, há um universo inteiro para investigar, pode-se dizer que não se conhece nem 1% do universo observável. Tendo ele tal imensidão em expansão, também corrobora em um desafio para expedições

tanto por meio de inteligência artificial não tripuladas, quanto expedições tripuladas por seres vivos.

Ainda que os estudos de campos biológicos, de organismos capazes de existir em ambientes extremos se encontram bastante avançados, possibilitando que tenhamos uma ideia de como seriam esses seres extraterrestres, falta investimento em recursos para materiais de pesquisa e bolsas de estudo, o que faz com que muitos projetos sejam abandonados e/ou largados a metade.

Por fim, concluo que precisamos de mais desenvolvimento tecnológico voltado para áreas de observação de telescópios e exoplanetas e que a compreensão dos ambientes extremos terrestres nos dá a percepção do que procurar em ambientes extraterrestres. E para isso, se faz urgente, uma educação de base científica que estimule os alunos a se tornarem futuros cientistas e a mudar o rumo do desenvolvimento científico no país.

## **RESUMEN**

Desde los tiempos más remotos, la humanidad ha estado acostumbrada al cosmos, analizándolo y reflexionando sobre él en este inmenso universo, y la vida ha sido posible en otros lugares. Para ello, es necesario analizar cuáles serían los parámetros necesarios para el desarrollo de un planeta habitable desde su formación. Y cómo se habría desarrollado la vida en la Tierra a partir de eso. Para ello, se necesitan estudios sobre organismos capaces de soportar ambientes inhóspitos para la mayoría de los organismos vivos conocidos; las frecuentes mejoras tecnológicas de los telescopios, que contienen, por ejemplo, espectrómetros y lentes de largo alcance; Las cabinas simulan cómo se verían los suelos y las atmósferas de otros planetas, y analizan la órbita estelar en la que se encuentran. Quizás este futuro no sea tan irreal, teniendo en cuenta la inmensa cantidad de exoplanetas que están disponibles para su estudio, los modelos informáticos podrían ayudar en estas predicciones de posibles planetas que albergan vida.

**Palabras-clave:** Proto-Tierra; Extremófilos; Telescopios; Billones de años;

## **REFERÊNCIAS**

ARORA, N.K., PANOSYAN, H. Extremophiles: applications and roles in environmental sustainability. **Environmental Sustainability**, v. 2, p. 217–218, 2019.

ALEKSANDROVA, M.; BONFIO, C.; Bioenergetics of early life: Coupling of reaction networks and compartments may have sparked the first life forms. **EMBO reports**, v. 23, n. 8, p. e55679, 2022.

ALI, N., NUGHMAN, M., SHAH, S. M. Extremophiles and Limits of Life in a Cosmic Perspective. Life in Extreme Environments-Diversity, Adaptability and Valuable Resources of Bioactive Molecules. **IntechOpen**, 2023.

BOWDEN, R. The provenances of asteroids and their contributions to the volatile inventories of the terrestrial planets. **Science**, v. 337(6095), p. 721-723, 2012.

BOWER, D. J., *et al.* Linking the evolution of terrestrial interiors and an early outgassed atmosphere to astrophysical observations. **Astronomy & Astrophysics**, v. 631, p. A103, 2019.

BRÜHL - SHAPIRO, A.V., *et al.* Metal-rich stars are less suitable for the evolution of life on their planets. **Nature communications**, v.14., n.1, p.1893, 2023.

CAMINHA, S. A. F. da S.; LEITE, F. Praxedes R.; Microfosséis: pequenos organismos que geram grandes informações sobre o passado. **Cienc. Cult.**, São Paulo, v. 67 n. 4, p. 24-27, 2015.

DASSARMA, S.; ARORA, P., Halophiles. **e LS**, 30 de MAIO de 2001.

DENG, H., *et al.* Primordial Earth Mantle Heterogeneity Caused by the Moon-forming Giant Impact? **The Astrophysical Journal**, v. 887, n. 2, p. 211, 2019.

D'ISCHIA, M., *et al.* Insoluble organic matter in chondrites: Archetypal melanin-like PAH-based multifunctionality at the origin of life? **Physics of Life Reviews**, v. 37, p. 65-93, 2021.

DUTREUIL, S.; POCHEVILLE, A.; Les organismes et leur environnement: la construction de niche, l'hypothèse Gaïa et la sélection naturelle. **Bulletin d'histoire et d'épistémologie des sciences de la vie**, v. 22, n. 1, p. 27-56, 2015.

DYKE, J. G.; GANS, F.; KLEIDON, A.; Towards understanding how surface life can affect interior geological processes: a non-equilibrium thermodynamics approach. **Earth System Dynamics**, v. 2, n. 1, p. 139-160, 2011.

EDWARDS, H. G. M.; VILLAR, S. E. J.; Raman spectroscopy in astrobiology. **Analytical and bioanalytical chemistry**, v.384, p. 100-113, 2006.

ELKINS-TANTON, L. T. Magma oceans in the inner solar system. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 40, p. 113-139, 2012.

ENYA, K.; *et al.* Extraterrestrial life signature detection microscopy: search and analysis of cells and organics on Mars and other solar system bodies. **Space Science Reviews**. v. 218.6 p. 49, 2022.

EXOPLANET.EU V2.11.3 <https://exoplanet.eu/catalog/>

FERRONATO, J.P.F. **Estromatólitos em sistemas plataformais dominados por ondas do mesoproterozóico da Chapada Diamantina**. 2021.

FUJII, K., NANCY Y., *et al.* Exoplanet biosignatures: at the dawn of a new era of planetary observations. **Astrobiology**, v.18, n.6, p. 619-629, 2018.

GOMEZ-ELVIRA, MATEO-MARTÍ, E., *et al.* A chamber for studying planetary environments and its applications to astrobiology. **Measurement Science and Technology**, v.17, n. 8, p. 2274, 2006.

GOSTINČAR, C.; ZALAR, P.; GUNDE-CIMERMAN, N. No need for speed: Slow development of fungi in extreme environments. **Fungal Biology Reviews**. v.39, p.1-14, 2022.

GRIFFITH, R. L., *et al.* The advanced camera for surveys general catalog: structural parameters for approximately half a million galaxies. **The Astrophysical Journal Supplement Series**, v, 20, n.1. may 4, 2012.

HAYES, J.M. **Evolution of the atmosphere**. Encyclopedia Britannica, 16 Nov. 2020, Disponível em: [<https://www.britannica.com/topic/evolution-of-the-atmosphere-1703862>.] Acesso em 9 nov 2023.

HIRSCHMANN, M.M. *et al.*, Hydrogen isotopic evidence for early oxidation of silicate Earth. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 526: 115770, 2019.

HORNE, W. H., *et al.* Effects of desiccation and freezing on microbial ionizing radiation survivability: considerations for mars sample return. **Astrobiology**, v. 22, n.11, 2022.

KASTING, J. F. Earth's early atmosphere. **Science**, v. 259, n. 5097, p. 920-926, 1993.

KIANG, M. N. *et al.* Exoplanets Biosignatures – a review of remotely detectable signs of life. Universidade da California. **Astrobiology**. Agosto 8, 2018.

LENTON, T. M.; DUTREUIL, S.; LATOUR, B.; Life on Earth is hard to spot. **The Anthropocene Review**, v. 7, n. 3, p. 248-272, 2020.

LOVELOCK, J. E. Letter to the Editors-Gaia as seen through the Atmosphere. **Atmospheric Environment**.

MOJZSIS, Stephen J. Probing early atmospheres. **Nature**, v. 425, n. 6955, p. 249-250, 2003.

MOORBATH, S.; O'NIONS, R.; PANKHURST, R. Early Archaean Age for the Isua Iron Formation, West Greenland. **Nature**, v. 245, p.138–139, 1973.

MASON, B. The carbonaceous chondrites. **Space Sci Rev.**, v. 1, p. 621–646, 1963.

MORENO-PERLIN, T.; i Extremely chaotolerant and kosmotolerant *Aspergillus atacamensis*—a metabolically versatile fungus suitable for recalcitrant biosolid treatment. **Frontiers in Microbiology**, v.14, 2023.

NAG, N., et al. Fundamentals of spectroscopy for biomolecular structure and dynamics. **Advanced Spectroscopic Methods to Study Biomolecular Structure and Dynamics**. Academic Press, 1-35, 2023.

OOSTERLOO, M., *et al.* The role of planetary interior in the long-term evolution of atmospheric CO<sub>2</sub> on Earth-like exoplanets. **Astronomy & Astrophysics**, v. 649, 2021.

OZA, W. A. S., *et al.* Linking the Evolution of Terrestrial Interiors and an Early Outgassed Atmosphere to Astrophysical Observations. **AGU Fall Meeting Abstracts**. v. 2019, 2019.

PIANI, L., *et al.* Earth's water may have been inherited from material similar to enstatite chondrite meteorites. **Science**, v. 369 (6507), p. 1110-1113, 2020.

PLAIT, P. Volcanic Activity Surprises on Mars. **Scientific American Magazine**, v. 328, n. 4, p. 74., april, 2023.

SCHNEIDER, J., *et al.* Defining and cataloging exoplanets: the exoplanet. eu database. **Astronomy & Astrophysics**, v. 532, p. A79, 2011.

TEERIKORPI, P., *et al.* Emergence and Evolution of Life. **The Evolving Universe and the Origin of Life: The Search for Our Cosmic Roots**, p. 411-432, 2009.

TILLMAN, N.T. **How old is the earth**. Space.com, 20 Ago. 2021, Disponível em: [<https://www.space.com/24854-how-old-is-earth.html>] Accessed 27 August 2023.

TURNBULL, M. C.; TARTER, J. C. Target selection for SETI. I. A catalog of nearby habitable stellar systems. **The Astrophysical Journal Supplement Series**, v. 145, n. 1, p. 181, 2003.

VAN HOOLST, T., LENA N., AND ATTILIO R. Exoplanet interiors and habitability. **Advances in Physics: X**, v.4, n.1, p. 1630316, 2019.

WEGENER, A.; Two notes concerning my theory of continental drift. 1928.