

Universidade do Estado do Amazonas
Centro de Estudos Superiores de Parintins
Núcleo de Ensino e Pesquisa em Astronomia & Colegiado de Ciências Biológicas

Astrobiologia : Exoplanetas e Sistemas Multiplanetários

Parintins - AM

Abril – 2022

Ilcleane de Souza Rocha

Astrobiologia : Exoplanetas e Sistemas Multiplanetários

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Centro de Estudos Superiores de Parintins, da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito obrigatório ao Trabalho de Conclusão de Curso e obtenção do grau de licenciada em Ciências Biológicas.

Orientador: Dr. Nélio Martins da Silva Azevedo Sasaki

Parintins – AM

Abril – 2022

Ilcleane de Souza Rocha

Astrobiologia : Exoplanetas e Sistemas Multiplanetários

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Centro de Estudos Superiores de Parintins, da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito obrigatório ao Trabalho de Conclusão de Curso e obtenção do grau de licenciada em Ciências Biológicas.

Orientador: Dr. Nélio Martins da Silva Azevedo Sasaki

(Aprovada em 30 de Maio de 2022 pela Comissão Examinadora.

Banca Examinadora



Prof. Dr. Nélio M. S. A. Sasaki

Presidente/Orientador



Prof.ª Dr.ª Angela Maria da Silva Lehmkuhl

Membro Titular



Prof. Dr. Elton Augusto Lehmkuhl

Membro Titular

Agradecimentos

A Deus, pela vida, pela presença constante, pela força e por ter nos permitido mais esta conquista.

A Universidade do Estado do Amazonas (UEA) por me acolher e me fornecer uma base sólida em Ciências Biológicas.

A todos os professores do Curso de Ciências Biológicas que ajudaram a construir as estruturas de nossa vida acadêmica.

Ao Núcleo de Ensino e Pesquisa em Astronomia (NEPA) pela oportunidade em desenvolver três projetos voltados para a área de Astrobiologia.

Ao meu orientador Dr. Nélio Martins da Silva Azevedo Sasaki, que dedicou seu tempo, pela disponibilidade de orientação, compartilhou sua experiência, seu olhar crítico e construtivo ajudou a superar os desafios deste trabalho de conclusão de curso. Serei eternamente grata.

Aos familiares, em especial aos meus pais e irmãos, que me incentivaram e apoiaram durante minha jornada acadêmica.

“Eu não quero acreditar, eu quero conhecer.” (Carl Sagan)

RESUMO

Neste trabalho apresentamos a diversidade de extremófilos e expomos a importância dos mesmos para o desenvolvimento da vida em um planeta e/ou exoplaneta. Expusemos uma taxinomia planetária a qual nos auxiliará na análise de habitabilidade planetária. Abordamos conceitos básicos de Astronomia e Astrofísica, ferramentas as quais se demonstraram úteis na estimativa de parâmetros astrofísicos de sistemas planetários e multiplanetários - assim como de seus respectivos exoplanetas. Entre os parâmetros estimados citamos: massa, raio, temperatura, estágio evolutivo, luminosidade e fluxo da estrela-mãe. A partir daqueles, calculamos os limites superior e inferior da zona de habitabilidade para cada estrela-mãe. Na sequência, foram estimados os parâmetros para os exoplanetas, a saber: distância entre o exoplaneta e a sua estrela-mãe, temperatura e massa de cada exoplaneta. Com estas informações e de posse da taxonomia planetária e dos dados da zona de habitabilidade chegamos aos exoplanetas potencialmente habitáveis.

Palavras-chave: Astrobiologia, Exoplanetas, Sistemas Multiplanetários.

ABSTRACT

In this final paper we present the diversity of extremophiles and expose their importance for the development of life on a planet and/or exoplanet. We showed a planetary taxonomy that will help us in the analysis of planetary habitability. We approached basic concepts of Astronomy and Astrophysics, tools that proved to be useful in the estimation of astrophysical parameters of planetary and multi-planetary systems -as well as of their respective exoplanets. Among the estimated parameters we estimated are: mass, radius, temperature, evolutionary stage, luminosity and flux of the mother-star. From those, we calculated the upper and lower limits of the habitability zone for each star. In order, the parameters for the exoplanets were estimated, namely: distance between the exoplanet and its mother-star, temperature and mass of given exoplanet. With this information and in posses of the planetary taxonomy and the habitability zone data we arrive at the potentially habitable exoplanets.

Keywords: *Astrobiology, Exoplanets, Multi-planetary Systems.*

Sumário

1. Introdução	16
1.1 Conceitos Básicos de Astronomia.....	18
1.2 Diagrama HR.....	20
1.3 Outros Detalhes Astronômicos.....	21
2. Características Astrobiológicas	25
2.1. O que é Vida?.....	25
2.2. Química Pré-biótica	27
2.3 Formação Planetária.....	27
2.4. Missões Espaciais.....	29
2.5. Taxinomia Planetária	31
2.6 Exoplanetas e Técnica de Observação.....	62
2.7 Zonas de Habitabilidade.....	69
2.8 Extremófilos	74
3. Exoplanetas	84
3.1 Histórico.....	84
3.2 Planetas no Sistema Solar.....	86
4. Sistemas Multiplanetários	97
4.2 O Sistema Solar	98
4.3 Classificação de Sistemas Estelares	99
5 Ensino de Astrobiologia	111
5.1 Panorama Geral - da Universidade até às Escolas.....	111
5.1 Tópicos de Astrobiologia presentes nos PCNs, BNCC e OBA.....	170
6 Discussão.....	180
7 Conclusões.....	184
8. Perspectivas Futuras	186
Referências	187

1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho discutimos a Astrobiologia, tanto no âmbito da pesquisa quanto no âmbito do Ensino. No primeiro, são apresentados os resultados das pesquisas que fizemos nos dois projetos de Iniciação Científica em Astrobiologia nos quais eu participei - como bolsista PROPESP/PAIC/UEA (2019/2020) no projeto intitulado “Análise e Tratamento de Candidatos a Planetas Encontrados pela Missão K2 -Formação e Evolução de Exoplanetas” - e bolsista PAIC/FAPEAM (2020/2021) no projeto intitulado “Study of the Region Proximal to the Constellation of Cygnus – Exoplanets in Habitability Zone”. No âmbito do Ensino discutimos um pouco do que nós trabalhamos no projeto extensionista intitulado “Astrobiologia no Ensino Médio” (PROEX/UEA)” voltado para o “Ensino de Astrobiologia” e no qual eu tive a oportunidade de fazer parte como voluntária.

Antes de entrarmos em Astrobiologia propriamente dita, faremos uma breve revisão de alguns conceitos úteis tanto para a Astronomia quanto para a Astrofísica. Na sequência, iniciamos a abordagem dos sistemas planetários, primeiro caracterizando tal sistema, falamos sobre a definição de Vida, percorremos brevemente a química pré-biótica, como se seu a formação planetária, a importância e desenvolvimento da exploração espacial e chegamos até os exoplanetas. Vimos a necessidade em termos uma taxonomia, em virtude da diversidade de extremófilos. Consequentemente, a existência de tantos e diferentes exoplanetas fez com que surgisse uma taxonomia planetária. Nós não criamos tais taxonomias, apenas ordenamos em uma sequência natural para facilitar a compreensão de algum iniciante na área. Muitos amantes da Astrobiologia recorrem primeiramente às ferramentas de busca na internet e/ou

às redes sociais para visualizarem alguma informação a respeito de Astrobiologia. Como na maioria das vezes, as informações estão ou distorcidas ou fora de ordem, na primeira parte desta monografia, apenas organizamos as informações. Não há nada de novo ou inédito nos dois primeiros capítulos. A partir de Exoplanetas começamos a expor os resultados de nosso trabalho. Exoplanetas foi o tema do primeiro projeto de IC em Astrobiologia do qual eu participei, na sequência, são apresentados os resultados do segundo projeto de IC em Astrobiologia do qual eu também participei – desta vez o tema foi Sistemas Multiplanetários. A parte final desta monografia é voltada ao Ensino de Astrobiologia, nesta parte são mostrados e analisados os resultados de questionários aplicados com acadêmicos de docentes do curso de Ciências Biológicas e com Professores de Biologia do Ensino Médio. Também mostramos os pontos que contemplam o Ensino de Astrobiologia presentes nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e no conteúdo programático da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA).

Salienta-se que este trabalho foi desenvolvido de forma gradativa, ao longo da minha formação acadêmica, portanto, o trabalho em si não ficou tão profundo quanto queríamos e o mesmo não corresponde a 10% do que é a Astrobiologia, sendo apenas a ponta do iceberg. Claro que em momento algum houve a pretensão em esgotar o tema, entretanto, preocupamos em dar uma visão geral sobre a Astrobiologia e esperamos que esta monografia sirva de ponto de partida para futuras pesquisas.

Quanto à estrutura, esta monografia está assim dividida: no capítulo 1 são apresentados conceitos básicos de Astronomia. No capítulo 2, são expostos os conceitos fundamentais de Astrobiologia. O capítulo 3 é uma compilação do projeto

de IC intitulado “Análise e Tratamento de Candidato a Planetas Encontrados pela Missão K2 – Formação e Evolução de Exoplanetas”. Da mesma forma, o capítulo 4 é uma compilação do projeto de IC intitulado “Study of the Region Proximal to the Constellation of Cygnus – Exoplanets in Habitability Zone”. O capítulo 5, porém, é uma mescla entre o projeto de Extensão Universitária intitulado “Astrobiologia no Ensino Médio” e a experiência da autora - deste trabalho com - o Ensino. Os projetos de IC tiveram o financiamento da UEA através da Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPESP/UEA, 2019) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM, 2020). O projeto de Extensão Universitária foi financiado pela Pró-reitoria de Extensão e Assuntos Comunitários (PROEX/UEA, 2018).

1.1 Conceitos Básicos de Astronomia

Em Astronomia denomina-se Sistema Estelar a sistema planetários os quais possuem apenas uma estrela. O Sistema Solar é um exemplo de Sistema Estelar, no qual a única estrela é o Sol. Aqui, sublinha-se a ambiguidade do termo Sistema Estelar, cuja nomenclatura também se refere a um conjunto de estrelas ligadas gravitacionalmente e que orbitam entre si. Uma forma de contornar a ambiguidade acima é inserir a nomenclatura Sistema Estelar Múltiplo para se designar ao conjunto de estrelas que estão a girar entre si.

A terminologia “Sistema” refere-se tanto às estrelas quanto a objetos não-estelares. Entende-se por objetos não-estelares: planetas, satélites naturais, asteroides, meteoros, cometas, poeira cósmica Dsriling (2004) – neste caso, dizemos que se trata de um Sistema Planetário. Para exemplificar, o Sistema Planetário no qual Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e

Netuno fazem parte é o Sistema Solar. Qualquer outro planeta que for descoberto fora do Sistema Solar denominar-se-á exoplaneta. E conseqüentemente, Sistemas Extrassolares.

Segundo Filho(2017), uma estrela consiste em uma enorme esfera de gás incandescente, em cujo núcleo acontece a geração de energia através de reações termonucleares. Diante esta definição, nota-se que as estrelas possuem luz própria. E este conceito é fundamental, uma vez que os planetas e todos os demais objetos não-estelares não possuem luz própria. Então, a temperatura destes corpos celestes dependerá da distância entre eles e a estrela-mãe. Mais uma vez, no caso do Sistema Solar, a estrela-mãe é o Sol. Portanto, quanto mais perto do Sol mais elevada é a temperatura, ao passo que, quanto mais afastado do Sol mais baixa é a temperatura. Uma ressalva é justamente a temperatura de Mercúrio e Vênus. Embora Mercúrio seja o primeiro planeta do Sistema Solar, Vênus é o mais quente deste sistema planetário. Falaremos sobre isso mais adiante.

Por planeta, entende-se um corpo celeste que orbita o Sol; tenha massa suficiente para manter o equilíbrio hidrostático (ou seja, uma forma aproximadamente esférica); e tenha vizinhança limpa em torno de sua órbita (IAU,2006). Por si só, essa definição da IAU traz consigo condições muito restritivas, as quais levarão a uma subdivisão e uma nova formatação (e/ou classificação planetária). Falaremos mais adiante sobre este ponto.

Denominamos Satélite Natural a um objeto celeste que orbita um planeta ou um corpo maior. Esse é mais um conceito muito amplo para o qual, na maioria das vezes, o público leigo acaba usando erroneamente a terminologia “lua”. Voltaremos a essa discussão no capítulo 4.

1.2 Diagrama HR

O diagrama de Hertzsprung-Russel, ou simplesmente, diagrama HR mostra como se dá a relação entre a luminosidade e a temperatura efetiva da estrela.

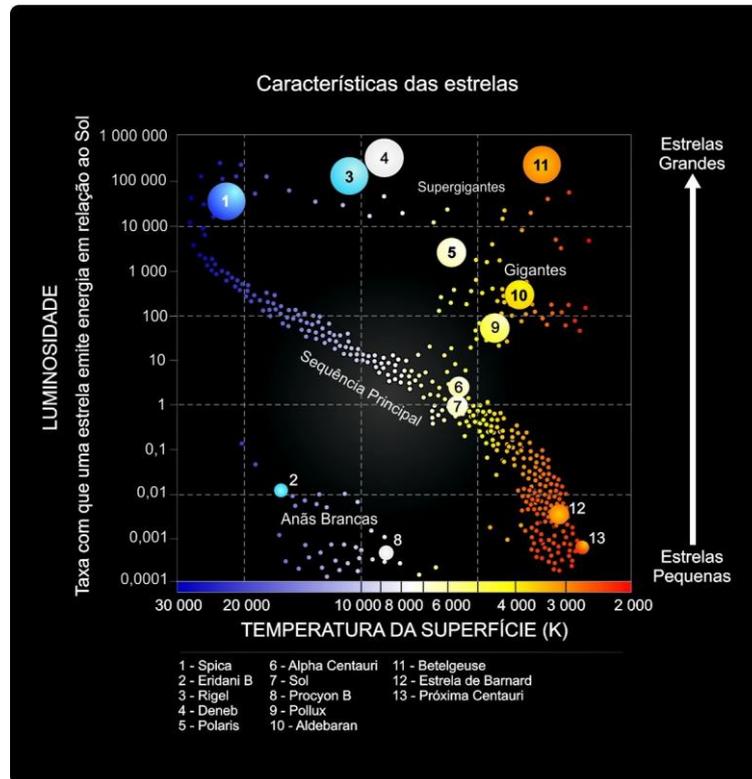


Figura 1.1 – Diagrama HR. (fonte: Filho(2017)).

A figura (1.1) é o que chamamos de diagrama HR. Nele encontra-se a temperatura da superfície da estrela na abcissa e a luminosidade na ordenada. Notamos que a temperatura da estrela aumenta da direita para a esquerda. Assim, quanto mais quente for uma estrela, mais à esquerda ela se encontrará. Pelo contrário, as estrelas mais frias estão do lado direito do diagrama HR. Tanto a luminosidade quanto o raio da estrela são crescentes de baixo para cima. Na diagonal, temos a denominada Sequência Principal (SP). A SP compreende desde estrelas massivas e quentes até estrelas de baixa massa e frias. Observe

que a maioria das estrelas estão na SP, elas possuem luminosidade V e são chamadas de anãs. O Sol encontra-se na sequência principal (n.7 na figura 1.1) e como mostrado no diagrama HR, a única estrela de nosso sistema planetário sairá da SP, tornando-se uma anã branca no estágio final de sua vida. Anãs brancas são estrelas que vão desde as quentes e pouco luminosas até estrelas muito frias e pouco luminosas. No primeiro caso, são em geral ou azuis ou brancas. No segundo, são vermelhas. Acima da SP, temos as Gigantes – estrelas frias e luminosas e as Supergigantes – as quais são ainda mais luminosas. Neste trabalho, a compreensão do diagrama HR será fundamental nos capítulos 2 e 3. Sobretudo quando formos abordar o conceito de zona de habitabilidade. Além de contribuir para a análise de sistemas extrassolares.

1.3 Outros detalhes astronômicos

Quando lidamos com objetos astronômicos, usamos frequentemente alguns parâmetros, os quais nos auxiliam na caracterização e compreensão daqueles. Passemos agora para a questão da localização das estrelas no céu. Neste quesito, precisaremos averiguar os seguintes conceitos: RA, DEC, magnitude, distância, luminosidade, fluxo e temperatura.

Para atender às necessidades deste trabalho, usaremos as coordenadas do Sistema Equatorial Universal, isto é, RA e DEC. Há outros sistemas de coordenadas, porém, foge ao escopo deste trabalho e não serão tratados aqui. O Sistema Equatorial Universal leva esse nome pois sua base é o plano Equatorial. Como dizemos acima, neste tipo de sistema, podemos localizar qualquer estrela, exoplaneta, etc., tendo apenas a Ascensão Reta (RA) e a Declinação do objeto. Na figura (1.2), o RA – simbolizado pela letra grega α - é

o ângulo medido sobre o equador. O RA varia entre 0h e 24h, e sempre aumenta no sentido Este. Já o DEC – simbolizado pela letra grega δ – é o ângulo que também tem origem no equador e vai até o corpo celeste. O DEC varia entre -90° e $+90^\circ$, sendo que o sinal negativo (-) é usado para objetos que estão no hemisfério sul e (+) para declinações ao norte.

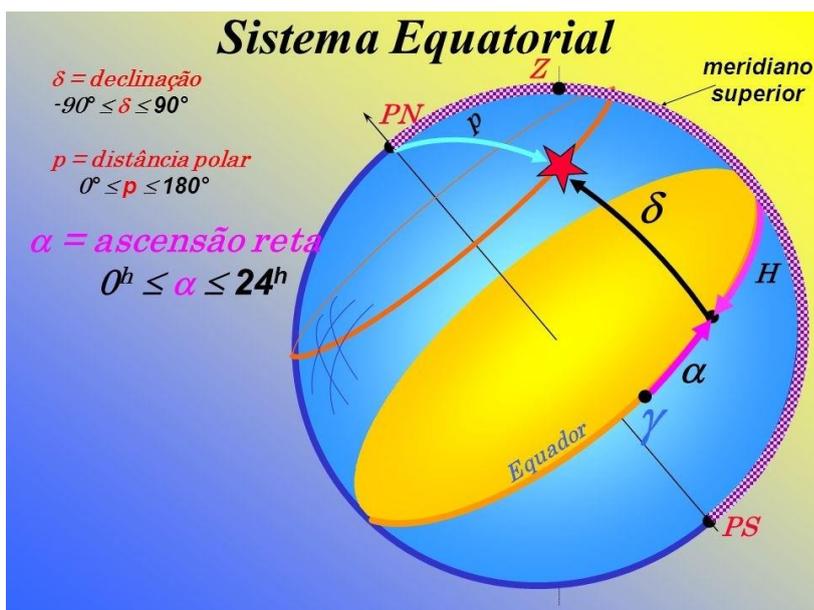


Figura 1.2. Ascensão Reta e Declinação de um corpo celeste.

Por exemplo, consideremos três objetos celestes A, B e C, cujas coordenadas são:

Objeto	RA	DEC
A	07:50:10	-40:15:15
B	09:20:05	+20:10:10
C	05:20:30	-20:10:10

Aplicando os conceitos que vimos sobre RA e DEC, podemos afirmar que:

- O objeto B está mais ao Este, enquanto C está mais a Oeste.
- O objeto A está mais ao Sul, enquanto o B está mais ao Norte.

Outros conceitos importantes para o desenvolvimento deste trabalho são: magnitude, luminosidade e fluxo. A luminosidade (L) é uma grandeza intrínseca da estrela e, dito de maneira simplificada, nada mais é que a taxa de energia luminosa emitida pela estrela em um certo intervalo de tempo. No S.I., $[L] = W$. Fluxo de uma estrela é razão entre a luminosidade e a área, ou seja, energia por unidade de área, por unidade de tempo. Matematicamente fica:

$$F = L/4\pi R^2, \quad [\text{Fluxo na superfície da Estrela}] \quad (\text{Eq. 1.1})$$

onde F é o fluxo, L é a luminosidade e R é o raio da estrela. No S. I. , a unidade de fluxo é $[F] = W/m^2$. Filho(2017) afirma que o brilho aparente de um astro é o fluxo medido na Terra, e normalmente, é expresso em termos da magnitude aparente m , a qual é definida pela relação:

$$m = -2,5 \log F + K, \quad [\text{definição de magnitude}] \quad (\text{Eq.1.2})$$

onde K é uma constante, F é o fluxo e m é a magnitude aparente da estrela.

Tendo L , F e m , podemos encontrar outras características das estrelas e, dos demais objetos astronômicos, tais como: distância, idade e temperatura. Por exemplo, a temperatura da estrela é facilmente encontrada através da Lei de Stefan-Boltzmann,

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4, \quad [\text{Lei de Stefan-Boltzmann}] \quad (\text{Eq.1.3})$$

onde L , R , T são respectivamente: a luminosidade, o raio e a temperatura da estrela, ao passo que σ é a denominada Constante de Stefan-Boltzmann – cujo valor é $\sigma = 5,6607 \times 10^{-8} W/m^2K^4$.

A lei de Stefan-Boltzmann também nos permite estimar a temperatura de planetas e exoplanetas. Neste caso, a expressão (Eq. 1.3) torna-se:

$$T_p = T_E \left(\frac{r}{2d} \right)^{1/2}, \quad (\text{Eq. 1.4})$$

onde T_p e T_E são, respectivamente, a temperatura do planeta e da estrela; r_E é o raio da estrela e d é a distância da Estrela até o planeta.

A medida do brilho intrínseco de um corpo celeste é denominada *magnitude absoluta*. Isto é, quando precisamos saber qual objeto é mais brilhante, colocamos ambos a uma distância padrão, de 10 pc, e comparamo-los. A *magnitude absoluta* (M) e a *magnitude aparente* (m) mantêm a seguinte relação com a distância (d):

$$m - M = 5 \log d - 5. \quad (\text{Eq. } 1.5)$$

Agora que estamos com as ferramentas básicas, visitaremos a definição de *Astrobiologia* apresentada no início. Na sequência, iremos compreender um pouco mais sobre a origem da vida na Terra e no Universo. Em seguida, falaremos sobre a evolução e distribuição da mesma.

2. Características Astrobiológicas

2.1 O que é Vida?

Certamente, a pergunta “O que é Vida?” seja uma das mais desafiadoras para a Ciência. Com o avanço tecnológico, a Biologia, a Astronomia, Geologia, entre outras áreas do conhecimento, foram avançando. Hoje, a Astrobiologia possui ferramentas que nos permite fazer uma extensão daquela pergunta e refletirmos qual é o padrão de Vida? Isto é, se existe realmente um padrão.

O planeta Terra está repleto de uma gama de diversidade seja na fauna, seja na flora. A “Vida” surge desde em ambientes mais propícios, até em ambientes tidos como hostis. De qualquer forma, cientistas de todas as áreas têm se empenhado em buscar respostas sobre os questionamentos que envolvem o conceito “Vida”. Entre as várias definições sobre o termo “Vida”, há aquelas termodinâmicas, metabólicas, bioquímicas, genética e fisiológicas – estas são as mais comuns. E todas elas se limitam a enumerar uma série de propriedades observáveis (Rampelotto, 2012).

O conceito mais usado na atualidade é: “Vida é um sistema químico autossustentável capaz de sofrer evolução darwiniana” (Deamer, 1994). Desde o avanço das missões espaciais, descobrimos muito mais exoplanetas, então, é razoável propor uma nova definição do conceito “Vida”, tal que contemple não somente a vida na Terra, mas também fora dela.

Se afirmamos que Astrobiologia estuda a origem da vida na Terra e em outras partes do Universo, então, a pergunta imediata é: “o que de fato estamos procurando?”. Para responder essa questão, temos que inserir o conceito de zona de habitabilidade – região na qual o planeta encontra todas as condições

favoráveis para o surgimento e evolução da vida. Dito isto, estamos procurando ambientes (planetas /exoplanetas) que estão localizados na zona de habitabilidade (ZH) de seu Sistema Estelar. Tecnicamente, a ZH é a região na qual a água se encontra em estado líquido e onde a atmosfera planetária pode apresentar traços de dióxido de carbono, água e nitrogênio. Isto leva-nos a outro conceito fundamental na Astrobiologia, o de bioassinaturas. Todos os seres vivos existentes no Sistema Solar, por exemplo, deixaram alguma bioassinatura em algum lugar, citam-se por exemplo: as bioassinaturas encontradas em meteoros; nos planetas Marte e Vênus; nos satélites naturais Europa, Titã, Encélado, e no planeta anão Plutão. Tais bioassinaturas se assemelham às células de organismos terrestres, moléculas derivadas do metabolismo celular, bem como aminoácidos e nucleotídeos similares a aqueles encontrados em proteína e no DNA (Rampelotto, 2012).

Para Damireli (2007) a definição de que Vida é todo organismo que nasce, cresce, se reproduz não é suficiente para explicar tal fenômeno. Pois, se assim o fosse considerado universal, os incêndios, tempestades e até programas de computadores estariam classificados como bióticos, no entanto, a Vida é mais complexa e operacional que genérica.

Pode-se definir vida em uma visão Biológica e tradicional, como: organismo, ser que possui diferentes tipos de organização celular, que necessariamente precisam de energia (ATP) para a sua automanutenção e reprodução (EMMENCHE & EL-HANI, 2006), ou seja, considera-se que são os organismos que possuem em suas estruturas celulares componentes químicos, que possuem capacidade de criar cópia de si mesma, se reproduzem, seja de forma simples ou complexa, dependendo da espécie (bactérias, fungos, plantas, algas, herbívoros ou carnívoros). Esses organismos são compostos por células que se difundem em

procariontes e eucariontes, variado desde seres microscópicos a seres macroscópicos, podem ser de vida simples ou complexa.

Segundo a definição adotada pela NASA desde de 1994, é que, Vida é um sistema químico autossustentável capaz de sofrer evolução darwiniana. Ainda assim, a definição de vida é limitada no que conhecemos na Terra, e, portanto, definida pelo o que é observado (Apud MONTEIRO, 2013 p. 30)

2.2 Química Pré-biótica

A origem da Vida, é explorada pela Biologia, o grande marco para o estudo da vida em contexto científico, deu-se, com o Experimento de Stanley Miller. Segundo Rampelotto (2012), neste estudo os pesquisadores montaram um experimento para recriar as condições da Terra Primitiva descrita por Oparin e Haldane, usaram a mistura de gases como metano (CH₄), Hidrogênio (H) e amônia (NH₃) e com a ajuda de eletrodos, simularam raios, na qual serviu como fonte de energia para que ocorresse reações químicas, algumas semanas depois houve a formação de aminoácidos que segundo eles, foi importante para a origem da vida, no entanto, sabe-se que hoje em dia o modelo não representa os processos químicos que ocorreram na Terra Primitiva.

2.3 Formação Planetária

No modelo descrito pela teoria do Big-Bang, Guzmán (2013) chama a atenção ao fato que para ocorrer o surgimento da vida foi necessário que várias etapas preliminares fossem cumpridas. Guzmán diz que as preliminares se iniciam com:

- *A formação de nuvens moleculares, composta por poeira e gás que passam a formar estrelas, que tenha a capacidade de fundir em seu núcleo elementos mais pesados, como o Carbono e o Oxigênio, ou seja, que a estrela tenha metalicidade suficiente para originar planetas Terrestres.*
- *O planeta tipo Terra deve orbitar uma estrela que esteja na sequência principal, etapa de sua evolução onde o seu tempo de vida é maior.*
- *Em estágios iniciais de formação, as nuvens moleculares presentes no espaço alcançam a atmosfera e a superfície de planetas terrestres, o enriquecendo com moléculas, enquanto ocorreram bombardeios de Asteroides, que transportavam pequenas quantidades de água.*
- *Esses fatores contribuíram para que o planeta adentrasse a zona habitável de sua estrela hospedeira, ou seja, ficou orbitando a estrela (Sol), em uma distância nem muito perto e nem muito longe da estrela, ideal para que mantenha água líquida em sua superfície.*

Somente após essas preliminares foi possível que moléculas com a capacidade de se replicarem se formem e assim ocorra a formação de vida simples.

Entretanto, analisarmos a formação planetária apenas por um prisma não é um bom caminho. A Astrobiologia dialoga muito com outras ciências. Assim, é mister unir vários elementos para que possamos ter uma visão mais completa do todo. Citam-se formação planetária, química pré-biótica, origem da vida, evolução da vida na Terra, fósseis de microrganismos, busca de vida em satélites naturais e em exoplanetas, entre outros aspectos serão úteis para analisarmos o futuro da vida na Terra e no universo.

2.4 Missões Espaciais

A Astrobiologia, antes conhecida erroneamente como Exobiologia, começa a se moldar tal qual a conhecemos nos dias atuais a partir da Guerra Fria, particularmente, no período denominado Corrida Espacial. Naquela altura, dois países se apresentaram ao posto de potência mundial, de um lado a ex-URSS (União das Repúblicas Socialistas Soviéticas) - e de outro lado os EUA - Estados Unidos da América. Neste contexto, a URSS tornou-se pioneira ao enviar ao espaço:

(i) O primeiro satélite espacial – o Sputnik I, em 1957;

(ii) O primeiro mamífero – A cadela Laika que participou na missão Sputnik II, em 1957;

(iii) O primeiro homem – Iuri Gagarin, que participou da missão Vostok 1, em 1961.

(iv) A primeira mulher – Valentina Tereshkova, que participou da missão Vostok 6, em 1963.

Apesar dos vários feitos da URSS, a ida à Lua foi considerada a maior conquista da Humanidade. Em 1969, a missão Apollo 11 - tripulada por Neil Armstrong, Buzz Aldrin e Michael Collins - pousou em solo lunar. Entretanto, é um engano pensar que as missões espaciais ocorreram somente a partir da ida do Homem à Lua. A tabela abaixo mostra as principais missões espaciais, nota-se que Marte foi um alvo muito visado na Astrobiologia, visava-se o mapeamento da superfície do planeta vermelho e coleta de amostras do solo marciano – no fim, almejava-se a realização de experimentos biológicos segundo Paulino-Lima(2013).

Missão	País	Ano	Objetivo
<i>Sputnik I</i>	<i>URSS</i>	<i>1957</i>	<i>Lançar o primeiro satélite artificial da Terra.</i>
<i>Sputnik II</i>	<i>URSS</i>	<i>1957</i>	<i>Levar o primeiro mamífero ao espaço.</i>
<i>Explorer I</i>	<i>EUA</i>	<i>1958</i>	<i>Lançar o primeiro Foguete espacial em solo norte-americano.</i>
<i>Luna 2</i>	<i>URSS</i>	<i>1959</i>	<i>Atingir a Lua com uma sonda de impacto.</i>
<i>Luna 3</i>	<i>URSS</i>	<i>1959</i>	<i>Obter as primeiras imagens da face da Lua.</i>
<i>Tiros 1</i>	<i>EUA</i>	<i>1960</i>	<i>Lançar um satélite meteorológico.</i>
<i>Transit 1B</i>	<i>EUA</i>	<i>1960</i>	<i>Lançar um satélite de navegação.</i>
<i>Echo 1</i>	<i>EUA</i>	<i>1960</i>	<i>Lançar um satélite passivo de comunicação.</i>
<i>Venera 1</i>	<i>URSS</i>	<i>1961</i>	<i>Chegar ao planeta Vênus.</i>
<i>Vostok 1</i>	<i>URSS</i>	<i>1961</i>	<i>Levar o homem ao espaço.</i>
<i>Voskhod 1</i>	<i>URSS</i>	<i>1961</i>	<i>Enviar três homens ao espaço na mesma espaçonave.</i>
<i>Vostok 6</i>	<i>URSS</i>	<i>1963</i>	<i>Enviar a primeira mulher ao espaço.</i>
<i>Lunik 9</i>	<i>URSS</i>	<i>1966</i>	<i>Fazer a Alunagem.</i>
<i>Lunik 10</i>	<i>URSS</i>	<i>1968</i>	<i>Orbitar a Lua</i>
<i>Mariner 4</i>	<i>EUA</i>	<i>1965</i>	<i>Mapear a superfície de Marte.</i>
<i>Venera 3</i>	<i>URSS</i>	<i>1965</i>	<i>Explorar a superfície de Vênus.</i>
<i>Venera 5</i>	<i>URSS</i>	<i>1967</i>	<i>Transmitir dados sobre a superfície e núcleo de Vênus</i>
<i>Apollo 8</i>	<i>EUA</i>	<i>1968</i>	<i>Orbitar a Lua usando uma nave Tripulada.</i>
<i>Apollo 11</i>	<i>EUA</i>	<i>1969</i>	<i>Realizar Alunagem com uma espaçonave tripulada.</i>

Tabela 2.1: Missões Espaciais antes do pouso em solo lunar.

Como era de se esperar, após 1969, os investimentos em pesquisa espacial aumentaram significativamente. Porém, foi com o avanço tecnológico, em particular, da resolução de telescópios espaciais que a Astrobiologia teve um salto gritante no mundo científico.

Quanto às missões espaciais, inúmeras surgiram após a ida do Homem à Lua, só para citar alguns: Endeavour, Soyuz, Atlantis, Discovery, Columbia e Shenzhou são programas espaciais mais recentes.

Como fruto das missões espaciais, hoje, século XXI, temos missões das mais diversas possíveis, desde satélites naturais de outros planetas do Sistema Solar até Exoplanetas. O leque aumentou a ponto de a Astrobiologia ter que abrir mão de uma “taxinomia” planetária, a qual irá nos dizer o que esperar de um “candidato” a planeta ou algum outro objeto astronômico.

2.5 Taxinomia Planetária

Depois do lançamento do telescópio Kepler houve um acréscimo considerável de exoplanetas descobertos, planetas similares aos que conhecemos em nosso sistema Solar, tanto terrosos como gasosos, além de outros tipos, tanto menores que conhecemos (mini exoplaneta), quanto gigantes muito maiores que Júpiter. A partir da detecção de planetas fora do sistema Solar, a Astrobiologia procura estudar a evolução da Terra e extensão da vida, se é única em todo o Universo, ou comum como afirmado no princípio da mediocridade.

A partir de agora, iremos abordar os novos conceitos introduzidos no âmbito das Ciências Planetárias, cujo intuito é ter um esclarecimento sobre a maneira mais adequada de nos referirmos a um ou outro corpo celeste. Salienta-se que a nomenclatura a ser apresentada foi antes apresentada às reuniões da IAU e usadas no meio científico. Para aqueles que queiram se aprofundar mais, a NASA disponibilizou em seu site (<https://exoplanets.nasa.gov/>) informações detalhadas a respeito dos exoplanetas. O nosso objetivo aqui é fazer uma transcrição das informações cedidas pela NASA e apresentar a taxonomia planetária de uma forma mais didática para o estudo da Astrobiologia. Neste sentido, também procuramos corrigir muitos erros conceituais apresentados em sites diversos na internet.

A classificação dos planetas é um assunto muito complexo, principalmente após a redefinição do conceito de planeta, IAU (2006). Notaremos que a própria nomenclatura “planeta” será aplicada tanto nos limites inferiores (ou seja, no mundo muito pequeno) até os limites superiores (i.e., no mundo muito grande). Na prática, ao observarmos um planeta, não é muito raro que o mesmo

apresente características similares à de uma sub-estrela e/ou de uma estrela com baixíssima massa.

Como consta no site da NASA, atualmente temos 5.030 exoplanetas confirmados e 8.887 candidatos a exoplanetas, classificá-los é uma tarefa desafiadora, por isso, os critérios são muito importante. Em linhas gerais, podemos classificar os planetas segundo os seguintes critérios:

- a) quanto ao tamanho;*
- b) quanto à localização;*
- c) segundo sua órbita no sistema planetário;*
- d) segundo o tipo da estrela-mãe;*
- e) quanto ao regime de massa*
- f) quanto à composição*

A. Quanto ao tamanho

Quanto ao seu tamanho, os planetas são classificados como:

***A1. Planetas Menores:** refere-se a qualquer objeto astronômico que se encontre diretamente em órbita de uma estrela-mãe do sistema planetário do planeta menor. Após a reunião da IAU em 2006, a terminologia “planeta menor” inclui planetas anões, cometas e pequenos corpos de um sistema planetário. Nesta classificação, encontram-se algumas subdivisões, a saber:*

A1.1 Asteroides

A1.1.1 Asteroides Próximos à Terra (NEO): refere-se àqueles objetos cujas órbitas encontram-se dentro da órbita de Marte. São subdivididos em:

A1.1.1.1 Asteroides “Apohele”: refere-se àqueles que orbitam dentro da distância do periélio da Terra. Logo, estão totalmente contidos na órbita terrestre.

A1.1.1.2 Asteroides “Aten”: referem-se àqueles que têm semi-eixos maior menores que o da Terra e cujo afélio seja maior que 0,983 UA.

A1.1.1.3 Asteroides “Apollo”: referem-se àqueles cujo semi-eixo maior é maior que o da Terra e a distância do seu periélio é igual ou menor que 1.017 UA. Observe que tanto asteroides Aten quanto Apollo cruzam a Terra.

A1.1.1.4 Asteroides “Amor”: são àqueles próximos da Terra, os quais se aproximam da órbita terrestre, mas, não a atravessa.

A1.1.2 Troianos da Terra: asteroides que compartilham a mesma órbita que a Terra e gravitacionalmente bloqueiam a ela. Por exemplo, 2010TK7 e 2020XL5.

A1.1.3 Troianos de Marte: asteroides que compartilham a mesma órbita de Marte e gravitacionalmente ligados a ele. Por exemplo, citam-se: 5261Eureka e (101429)1998VF₃₁.

A1.1.4 Cinturão de asteroides: onde se encontram objetos astronômicos que seguem uma órbita elíptica entre Marte e Júpiter. Essa categoria é o grupo original que se conhece como asteroides.

A1.1.5 Troianos de Júpiter: asteroides que compartilham a órbita de Júpiter e gravitacionalmente estão ligados a e ele. Por exemplo, citam-se: 624Hektor e 617Patroclus.

A1.2 Planetas menores distantes: refere-se aos planetas menores que se encontram no sistema planetário exterior, é subdividido nas seguintes categorias:

A1.2.1 Centauros: corpos menores, que no Sistema Solar exterior se encontram entre Júpiter e Netuno. Em geral, suas órbitas são instáveis devido à perturbações dos gigantes gasosos.

A1.2.2 Troianos de Netuno: referem-se aos corpos que compartilham a mesma órbita de Netuno e gravitacionalmente ligados a ele fechados a ele. Citam-se como exemplo: 2001QR₃₂₂ e 2005TN₅₃.

A1.2.3 Objetos trans Netunianos: referem-se aos corpos cuja órbita vão até a órbita de Neptuno, ou além dela. São subdivididos em:

A1.2.3.1 **Objetos do Cinturão de Kuiper**: refere-se aos objetos que estão a uma distância de 55 unidades astronômicas (55 UA). São subdivididos em:

A1.2.3.1.1 Objetos clássicos do cinturão de Kuiper: são os objetos primordiais do cinturão de Kuiper e possuem órbitas relativamente circulares, as quais estão em ressonância com Netuno.

A1.2.3.1.2 Objetos ressonantes do cinturão de Kuiper: são objetos cujo período orbital guarda uma relação inteira com o período orbital de Netuno. Citam-se como exemplos: plutinos e twotinos. Plutinos são corpos do tipo Plutão e possuem uma ressonância 2:3 com Netuno. Já os twotinos são objetos astronômicos trans netunianos que mantêm uma ressonância de 1:2 com o planeta Netuno. Isto é, a cada uma volta completa em torno do Sol dada pelo twotino, Netuno percorre duas voltas.

A1.2.3.2 **Objetos do disco disperso**: referem-se a objetos que foram dispersos por Netuno e cujo afélio se localiza fora do cinturão de Kuiper, como por exemplo: Eris.

A1.2.3.3 Objetos do disco dispersos: referem-se a objetos que também foram dispersos, entretanto, tanto seu afélio quanto seu periélio localizam-se fora do cinturão de Kuiper. Por exemplo, o sednoides como – Sedna e 2012VP₁₁₃.

A1.2.3.4 Objetos da nuvem de Oort: embora não haja algum objeto confirmado nesta categoria, é consenso na Astronomia que os cometas de longo período venham de uma região localizada até 50 mil unidades astronômicas (UA).

A2. Planeta Anão: refere-se a todo e qualquer planeta que orbite o Sol; e tenha massa suficiente para garantir um formato quase esférico e o equilíbrio hidrostático; e a vizinhança da sua órbita esteja livre; e não seja um satélite. Citam-se como exemplo: Éris, Plutão e Ceres.

A3. Planeta Telúrico (ou planeta sólido): refere-se a um planeta rochoso o qual contém núcleo, manto e crosta. No Sistema Solar há quatro planetas telúricos, a saber: Mercúrio, Vênus, Terra e Marte.

A4. Planeta Gigante Gasoso: planeta maciço, o qual independentemente de ser rochoso ou gasoso, possui atmosfera espessa de hidrogênio e hélio. Na Astronomia, é comum denominar os planetas gigante gasosos por “estrelas falhadas” (ou estrela frustradas) pois eles contêm os mesmos elementos básicos que uma estrela. Essa terminologia, antigamente era usada como sinônimo de planeta gigante. Entretanto, com o avanço tecnológico, perceberam-se que Urano e Netuno constituíam uma classe à parte. Assim, no Sistema Solar, há apenas dois planetas Gigantes Gasosos, a saber: Júpiter e Saturno.

A5. Planeta Gigante Gelado: refere-se a qualquer planeta gigante constituído principalmente por substâncias mais pesadas do que hidrogênio e hélio, tais

como oxigênio, carbono, nitrogênio e enxofre. No Sistema Solar, Urano e Netuno enquadram-se nesta categoria.

B. Quanto à sua Localização

Segundo a sua localização, os planetas são divididos em:

B1. Planeta do Sistema Solar: refere-se aos principais planetas dentro do Sistema Solar. Como planeta principal entende-se a todo e qualquer corpo celeste de massa planetária que orbite o Sol; e tenha massa suficiente para manter sua forma quase esférica e o equilíbrio hidrostático; e possui uma vizinhança limpa em sua órbita; e não seja satélite natural.

B2. Planeta Trans Netuniano: refere-se a qualquer planeta encontrado em uma região além de Netuno, ou seja, na região mais extrema do Sistema Solar.

B3. Planeta Extrassolar: refere-se a qualquer planeta localizado fora do Sistema Solar.

B4. Planeta Interestelar: refere-se a qualquer objeto de massa planetária que não orbita diretamente uma estrela. Também são denominados planetas “nômades” ou “órfãos”, ou até mesmo “planeta errante”.

B5. Planeta Intergaláctico: refere-se a qualquer planeta que está fora de qualquer galáxia. Há duas possibilidades, a saber: 1. quando o planeta orbita em torno de uma estrela intergaláctica; 2. quando se trata de um planeta interestelar, o qual não gira em torno de qualquer estrela. Chama-se a atenção para a abundância de planetas desta última categoria. Entretanto, por serem muito frios são também difíceis de se detectar. Razão pela qual se faz necessária a investigação em infravermelho.

B6. Planeta Extragaláctico: refere-se a qualquer planeta que se localiza fora da Via Láctea.

C. Segundo sua órbita no sistema planetário

Quanto à sua órbita no sistema planetário, os planetas podem ser classificados como:

C01. Planeta Troiano: refere-se ao planeta que tem a órbita compartilhada com outro planeta do qual é troiano. Neste tipo de órbita, ambos os planetas realizam seus movimentos sem se colidem. Este tipo de planeta também é muito importante na Astrobiologia, pois, em sua condição de existência um planeta rochoso pode se encontrar na zona habitável de uma estrela desde que haja um gigante gasoso perto da estrela-mãe.

C02. Planeta Goldilocks - Cachinhos Dourados: qualquer planeta cuja órbita está dentro da zona de habitabilidade. Este nome é uma referência ao conto “cachinhos dourados e os 3 ursos” no qual a personagem faz uma escolha entre três opções. Ela escolhe justamente o que não está demasiadamente nos extremos (nem quente, nem frio, nem grande, nem pequeno, etc.). Este tipo de planeta é fundamental no estudo da Astrobiologia, aliás, esse tem sido o objetivo principal da missão Kepler. A descoberta de análogos à Terra viabilizaria a exploração espacial e a equação de Drake retornaria números mais otimistas e reforçaria o princípio da mediocridade de Copérnico. Quem defendeu a tese de que a Terra não é particularmente excepcional.

C03. Planeta Interno: refere-se aos planetas do Sistema Solar, cujas órbitas vão aquém do cinturão de asteroides.

C04. Planeta Externo: refere-se aos planetas do Sistema Solar, cujas órbitas vão além do cinturão de asteroides.

C05. Planeta Binário: refere-se de fato a um sistema planetário no qual dois planetas de massas semelhantes orbitam um ao redor de outro, em torno de um ponto em comum denominado centro de gravidade do sistema e que tal centro de gravidade esteja acima da superfície de ambos planetas. O sistema Terra-Lua não pode ser classificado como planeta duplo, pois, o centro de gravidade do mesmo encontra-se abaixo da superfície terrestre. Ao contrário, o sistema Plutão-Charonte é um exemplo de planeta duplo.

C06. Júpiter Excêntrico: refere-se a qualquer gigante gasoso que orbita sua estrela-mãe em uma órbita excêntrica.

C07. Exoplaneta: refere-se a: 1. um planeta que não orbita o Sol, e sim uma estrela diferente; 2. ou uma remanescente de estrela; 3. ou uma anã marrom.

C08. Planetas Superiores: referem-se aos planetas cujas órbitas se situam fora da órbita da Terra.

C09. Planetas Inferiores: referem-se aos planetas cujas órbitas se encontram dentro da órbita da Terra.

C10. Plutóides: referem-se aos corpos celestes que: orbitam o Sol e que estão a uma distância maior que a de Netuno e tenham um formato esférico e, ainda, que não tenham limpado a vizinhança em torno de sua órbita. Exemplo de plutóides: Éris e Plutão.

C11. Exoplaneta habitável: referem-se a planetas ricos em hidrogênio e cuja massa é maior que Júpiter, em um limite de 500 massas terrestres.

C12. Planeta Super Habitável: refere-se a todo e qualquer planeta que apresente condições, mais adequadas do que as condições do planeta Terra, para o surgimento e evolução da vida. Nota-se que não necessariamente esta

categoria de planeta implica em um outro planeta da classe Tipo Terra. Até o momento, nenhum candidato a exoplaneta foi confirmado nesta categoria. Mas em tese, a ideia é encontrar um planeta, o qual reúna condições mais favoráveis à vida do que a própria Terra.

D. Segundo o tipo da estrela hospedeira

Quanto ao tipo de sua estrela hospedeira, os planetas podem ser classificados em:

*D1. **Planeta Circumprimário:** refere-se aos planetas localizados em um sistema de estrelas múltiplas e que orbita somente ao redor da estrela principal (denominada - estrela primária, a mais massiva) . Não orbitando ao redor de outras estrelas.*

*D2. **Planeta Circumsecundário:** refere-se ao planeta que orbita a estrela secundária do sistema (ou seja, a menos massiva - no caso de um sistema de estrelas binárias).*

*D3. **Planeta Circumterciário:** refere-se ao planeta que orbita a estrela terciária em um sistema estelar múltiplo.*

*D4. **Planeta Circumbinário:** refere-se ao planeta que orbita simultaneamente duas estrelas.*

*D5. **Planeta Circumternário:** refere-se ao planeta orbita três estrelas ao mesmo tempo. Esta categoria também é conhecida como “planeta circumtriplo”.*

*D6. **Planeta de pulsar:** refere-se aos planetas que orbitam um pulsar ou uma estrela de nêutrons em alta rotação.*

*D7. **Planeta Blanet:** refere-se a qualquer planeta que orbita um buraco negro.*

F. Quanto ao regime de massa

Quanto ao regime de massa, os planetas são classificados como:

F1. Mesoplaneta: são planetas com tamanho maior que Ceres e menores do que Mercúrio. Em geral, possuem um diâmetro de $1.000 \text{ km} < d < 5.000 \text{ km}$.
Exemplo de mesoplanetas: Éris e Plutão.

F2. Planeta Telúrico (ou planeta sólido): refere-se a um planeta rochoso o qual contém núcleo, manto e crosta. No Sistema Solar há quatro planetas telúricos, a saber: Mercúrio, Vênus, Terra e Marte.

F3. Planetas Gigantes: refere-se aos planetas muito maiores do que a Terra. São compostos por materiais de baixo ponto de fusão (gases ou gelo), em sua maioria, são gasosos. Porém, há planetas sólidos massivos. No Sistema Solar, há quatro planetas gigantes, a saber: Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.

F4. Gigante Gelado: são planetas de massa semelhante a de Urano ou Netuno, são menores que os gigantes gasosos, mas ainda assim, muito maiores que a Terra.

F5. Planetar: esse termo faz referência a dois tipos de planetas, a saber:

1. aqueles planetas cujo tamanho é maior do que um planeta, porém, menores do que uma estrela – e se formaram através de processos que geram planetas;
2. planetas cujo tamanho é menor que uma anã marrom e que não orbita qualquer estrela.

G. Quanto à sua composição

Quanto ao regime de massa, os planetas são classificados como:

G01. Planeta Ctônico: refere-se a todo e qualquer planeta gigante gasoso que teve sua atmosfera (rica em hidrogênio e hélio) removida em virtude da proximidade deste planeta com sua estrela-mãe. Uma característica dos planetas ctônianos é que eles deixam seu núcleo (metálico ou rochoso) à mostra, neste aspecto, até pode ser confundido com um planeta telúrico, mas em definitivo, não o é. A propósito, a palavra “ctônico” vem da divindade grega $\chi\theta\omicron\nu\iota\omicron\varsigma$ (*khthonios*) e significa “relativo à Terra”, ou “terreno”.

G02. Planeta de Carbono: refere-se a todo e qualquer planeta que fora formado a partir do disco protoplanetário e é abundante em carbono e apresenta pouco oxigênio. Portanto, sua composição principal é o carbono, em vez de oxigênio. Cita-se como exemplo, 55 Cancri-e. Este tipo de planeta também é denominado “planeta de diamantes” ou “planeta de carbonetos”.

G03. Planeta Gigante de Carbono: refere-se aos planetas que gigantes que apresentam uma razão $C/O \geq 1$. Em geral, os planetas desta categoria apresentam uma superabundância de CH_4 , e quase nada de H_2O , ao compararmos com os índices dos planetas do Sistema Solar. Seu tamanho é muitas vezes maior que os planetas de Carbono.

G04. Planeta de Hélio: refere-se aos planetas majoritariamente compostos por hélio. Isto é, a razão $[He/H] > 1$.

G05. Planeta Oceânico: refere-se a planeta cuja superfície esteja totalmente coberta por um oceano de água.

G06. Planeta Sauna: refere-se a um planeta oceânico quente o suficiente para ter uma espessa atmosfera de vapor, por esta razão, também é conhecido como “planeta de vapor”. Em geral, esse tipo de planeta são quentes e maciços, condições necessárias para que a água possa existir em estado de vapor. As

condições suficientes são uma temperatura superior a 374 K e uma pressão acima de $218 \times 10^5\text{ Pa}$.

G07. Planeta Hiceânico: refere-se a um planeta habitável, quente, oceânico e com uma atmosfera rica em hidrogênio e que, provavelmente seja capaz de abrigar a vida. A palavra *hiceânico* é a junção das palavras *hidrogênio* e *oceânico*.

G08. Planeta de Ferro: refere aos planetas cuja composição é basicamente ferro. Um exemplo, é Mercúrio, cuja massa planetária é composta por 70% de Ferro.

G09. Planeta de Lava: refere-se aos planetas terrestres que apresentam superfície basicamente ou totalmente coberta por lava (rocha derretida). Em geral, planetas desta categoria ou são muito jovens, ou seja, não tiveram tempo hábil para esfriarem; ou são frutos de colisões recentes; ou ainda, são planetas terrestres que orbitam bem de perto da sua estrela mãe, recebendo intensa irradiação e assim, mantendo sua superfície sempre ativa.

G10. Planeta Silicato: refere-se ao tipo de planetas existentes no Sistema Solar. Sua composição é basicamente composta por manto rochoso à base de silício e um núcleo metálico de ferro.

G11. Planeta de Amônia: refere-se a um planeta no qual os lagos e oceanos são compostos basicamente por amônia, em vez de água; e também que sua atmosfera não apresente oxigênio e sua temperatura seja muito baixa.

G12. Planeta de Cloro: refere-se a todo e qualquer planeta no qual os lagos e oceanos seriam compostos majoritariamente por cloro, em vez de água. Embora seja possível a existência de tal planeta, a probabilidade de o encontrar é muito baixa, haja vista que o elemento químico cloro (Cl) é escasso no universo.

G13. Planeta Florestal: refere-se a um planeta principalmente ou completamente coberto por florestas, selva e pântanos.

G14. Planeta de Neve: refere-se a um planeta cuja superfície é majoritariamente ou completamente coberta por neve.

G15. Planeta de Gelo: refere-se a um planeta cuja superfície é gelada e composta por substâncias voláteis tais como: água, amônia e metano.

G16. Planeta sem Núcleo: refere-se ao planeta composto basicamente de rocha de silicato, e é desprovido de núcleo metálico. Diferente os planetas de ferro, os planetas sem núcleo se formam mais longe da estrela, em uma região na qual o material oxidante volátil é mais abundante.

G17. Planeta Desértico: refere-se ao planeta com um único ou maioritário bioma climático, desértico, com pouca ou nenhuma precipitação. Exemplo: Marte. Esta denominação aplica-se a planetas que em algum momento estiveram na zona de habitabilidade, portanto, não deve ser confundido com as denominações usadas em ficção científica.

G18. Planeta Estéril: refere-se a um planeta telúrico com pouca ou nenhuma atmosfera e ausência completa de vida. Ou seja, basicamente sem vegetação.

G19. Planeta Perturbado: refere-se a um planeta ou exoplaneta ou ainda a qualquer um dos planetas menores que teve seu crescimento interrompido ou foi destruído por outro corpo celeste (seja estrela ou não). Exemplo de um planeta perturbado é Theia (um planeta troiano da Terra) que se chocou com o nosso planeta e originou a Lua.

G20. Ecumenópolis: esta nomenclatura foi sugerida para referir-se ao futuro da Terra, caso continuemos com o desmatamento e a pavimentação de todas as áreas. Literalmente, este termo refere-se a um planeta que é quase ou completamente coberto por uma cidade gigante.

G21. Planeta Globo Ocular: refere-se a um planeta que devido às forças de marés entre ele e sua estrela-mãe apresenta características espaciais similares a um globo ocular. Isso acontece principalmente com planetas terrestres onde há líquidos. Mediante um gradiente de temperatura (o qual é dependente da posição) o planeta ficará mais quente em um lado – aquele voltado para a estrela – e mais frio do lado oposto. Desta forma, o gradiente de temperatura limita os locais onde o líquido poderá existir na superfície planetária em áreas cuja forma é ou de anel ou de disco. Esta categoria é subdividida em: 1. planeta globo ocular quente – quando o centro do “olho” está voltado para a estrela (lado diurno) e o líquido está presente do lado escuro; 2. planeta globo ocular frio – quando o líquido está do lado voltado para a estrela-mãe e o restante da superfície está do lado escuro. Sempre os planetas globo ocular quente estão próximos de sua estrela-mãe, ao passo que os planetas globo ocular frio estão muito distantes de sua estrela.

G22. Protoplaneta: refere-se à condensação de matéria, a qual compõe a fase inicial na evolução planetária. Acredita-se que as colisões entre planetas – na fase primitiva do Sistema Solar - deram origem a milhares de protoplanetas. Consideram-se, na atualidade três protoplanetas sobreviventes das colisões ocorridas no início do Sistema Solar, são eles: 1 Ceres, 2 Palas e 4 Vesta.

G23. Planetesimal: refere-se a qualquer corpo – rochoso ou de gelo - que tenha um diâmetro tal que $0,1 \text{ km} < d < 100 \text{ km}$ e que tenha sido formado dentro do Sistema Solar. Atualmente, a teoria mais aceita é de que os planetesimais se formaram no início do Sistema Solar e foram lançados – devido às perturbações gravitacionais, dos planetas gigantes, em direção ao Cinturão de Kuiper e na direção da Nuvem de Oort. Ainda segundo esta teoria, todos os planetas

criaram a partir da acumulação de planetesimais. Portanto, a presença de Júpiter e Saturno, inibiu o crescimento dos planetas telúricos.

*G24. **Planemo:** do inglês “**planetary-mass object**”, este termo refere-se a todos os corpos celestes cuja massa é maior que a dos asteroides e cometas e menor que a massa das anãs marrons. Uma característica dos planemo é que eles não conseguem gerar reações nucleares - tal como ocorre no interior das estrelas. Apesar da definição acima, no meio científico, planemo também pode-se referir a objetos que estão vagando pela Via Láctea - sem orbitar alguma estrela. Nesta segunda definição, encontram-se todos os corpos celestes menos massivos que uma estrela, porém com massa suficientemente grande para manter um formato esférico.*

*G25. **Planeta Anão:** refere-se a todo e qualquer planeta que orbite o Sol; e tenha massa suficiente para garantir um formato quase esférico e o equilíbrio hidrostático; e a vizinhança da sua órbita esteja livre; e não seja um satélite. Citam-se como exemplo: Éris e Plutão.*

*G26. **Planeta Anão Superfrio:** refere-se aos planetas anões similares a Ceres.*

*G27. **Planeta Anão Gasoso:** refere-se a qualquer planeta gasoso que tenha um núcleo rochoso e que tenha acumulado um espesso envelope de hidrogênio, hélio e outros gases voláteis e tenham raio total entre 1,7 e 3,9 raios terrestres. Não há um planeta confirmado nesta categoria, porém, o Kepler-138d é forte candidato a anão gasoso.*

*G28. **Sub-anã marrom:** refere-se a um planeta que não orbita uma estrela, e sua massa é menor que 13 massas de Júpiter.*

*G29. **Anã marrom:** refere-se a um objeto subestelar cujo tamanho varia de 13 a 80 vezes o tamanho de Júpiter. Também é considerado uma “estrela*

frustrada”, pois, não tem massa suficiente para desencadear reações de fusão de hidrogênio.

G30. Anã vermelha: *embora esse termo seja usado para designar uma estrela de baixíssima massa, aquele foi incluído aqui, pois, a detecção de anãs vermelhas é similar à de planetas. Isso acontece porque a anã vermelha possui pressão e temperatura muito baixas, conseqüentemente, emitem pouca luz (algo em torno de 1/10.000 vezes menos que o Sol). É comum nas observações astronômicas ser encontrado um corpo celeste e ficar a dúvida entre anã vermelha ou planeta. Anã vermelha é o tipo de objeto mais comum no universo.*

G31. Anã laranja: *refere-se a uma estrela intermediária em tamanho entre as anãs vermelhas e as anãs amarelas. Apresentam massa entre 0.5 a 0.8 massas solares e temperaturas de superfície entre 3.900 K e 5.200 K. Esse tipo de estrela chega a ser 4 vezes mais abundante do que estrelas do tipo Sol. Além do mais, são mais estáveis, ou seja, a vida média delas em média é de 18 a 34 bilhões de anos, contra 10 bilhões de anos do Sol. Em termos de Astrobiologia, este fator conta muito, pois, daria tempo suficiente para a vida surgir em um planeta Análogo Terra e evoluir. Outro quesito importante é o aspecto de radiação. Anãs laranja emitem menos radiação ultravioleta, logo, o risco de danificar o DNA é minimizado. Ponto este que favorece o surgimento de vida baseada em ácido nucleico.*

G32. Anã amarela: *refere-se a uma estrela da sequência principal no diagrama HR, isto é, trata-se de estrelas com massa entre 0.9 a 1.1 massas solares e uma temperatura entre 5.300 K a 6.000 K. A exemplo das demais estrelas da sequência principal, as anãs vermelhas também estão convertendo hidrogênio em hélio, através da fusão nuclear. Um exemplo de anã amarela é o Sol. Salienta-se que é um erro o uso da palavra “amarela”, porque as estrelas desta categoria são*

brancas. O Sol, por exemplo, é branco e muitas vezes pode aparentar amarelado, alaranjado e até mesmo avermelhado na atmosfera terrestre. Mas, esse efeito é devido à dispersão de Rayleigh, a qual apresenta-se mais notória no nascer e no pôr do sol.

G33. Planeta Tipo Mercúrio: a qualquer planeta que apresenta características físicas similares a Mercúrio. Cita-se por exemplo, KHS3844b.

G34. Planeta Tipo Vênus: refere-se a qualquer planeta que apresenta características físicas similares a de Vênus. Por exemplo, Gliese486b. Este tipo de planeta é importante, pois, geralmente se encontra na zona habitável planetária.

G35. Subterra: refere-se aos planetas cuja massa é bem menor do que a massa da Terra e de Vênus. Exemplo de subterra no Sistema Solar: Mercúrio e Marte. Exemplo de subterra fora do Sistema Solar: PSR B1257+12A. Observe que os planetas desta categoria não se encontram na zona de habitabilidade planetária.

G36. Planeta Análogo à Terra: refere-se a qualquer planeta que apresente condições ambientais semelhantes à Terra. Cita-se como exemplo, Kepler-438b. Há textos nos quais são empregadas as denominações “Gêmeo da Terra” ou “Tipo Terra”.

G37. Super-Terra: refere-se a qualquer planeta com massa superior à da Terra, porém, muito inferior à massa dos gigantes de gás Urano e Netuno. Este termo leva em consideração única e exclusivamente a massa planetária, não tendo qualquer característica comum com o planeta Terra. Exemplo de superterra: Gliese 163c.

G38. Planeta Mega-Terra: refere-se ao planeta telúrico que possui massa superior a 10 massas terrestres.

G39. Planeta Tipo Marte: refere-se a qualquer planeta que apresenta características físicas similares a de Marte. Não há, até o momento, algum planeta nesta categoria, embora Gliese367b, seja um forte candidato.

G40. Planeta Gigante Gasoso: planeta maciço, o qual independentemente de ser rochoso ou gasoso, possui atmosfera espessa de hidrogênio e hélio. Na Astronomia, é comum denominar os planetas gigante gasosos por “estrelas falhadas” (ou estrela frustradas) pois eles contêm os mesmos elementos básicos que uma estrela. Essa terminologia, antigamente era usada como sinônimo de planeta gigante. Entretanto, com o avanço tecnológico, perceberam-se que Urano e Netuno constituíam uma classe à parte. Assim, no Sistema Solar, há apenas dois planetas Gigantes Gasosos, a saber: Júpiter e Saturno.

G41. Planeta mini Júpiter: refere-se a qualquer planeta com as características físicas de Júpiter, porém, com massa muito menor que ele. Cita-se por exemplo, GJ3512b.

G42. Planeta tipo Júpiter: refere-se a qualquer planeta com tamanho similar ou ao de Júpiter ou ao de Saturno e que tenha atmosfera rica em hidrogênio e hélio. A distância entre um planeta tipo Júpiter também é comparável à distância de Júpiter (ou de Saturno) ao Sol.

G43. Planeta tipo Júpiter Gigante: refere-se a qualquer planeta com características similares às do Júpiter ou do Saturno, porém, muito maior que eles. Cita-se por exemplo, AB Aurigae-b.

G44. Planeta Júpiter frio: refere-se a um planeta cuja massa é semelhante à de Júpiter e orbita a sua estrela-mãe à uma distância maior do que Júpiter (ou Saturno). Citam-se: HD70642b e HR 8799b.

G45. Planeta Júpiter morno: refere-se a qualquer planeta com massa mínima equivalente a 0.3 vezes a massa de Júpiter e com período orbital entre 10 e

100 dias. Planetas Júpiter morno marcam a transição entre os Júpiter quente com período orbital entre 1 e 10 dias e os tipo Júpiter com período orbital acima de 100 dias. Exemplo de Júpiter morno é o planeta K2-139b.

G46. Planeta Júpiter quente: refere-se ao planeta gasoso fisicamente semelhante a Júpiter, porém, com períodos orbitais muito curtos (em geral, menor que 10 dias). Um exemplo de Júpiter quente é HD 188753b.

G47. Planeta Júpiter superquente: refere-se a um planeta Júpiter quente cuja temperatura diurna é superior a 2.200 K. Em sua atmosfera, na parte clara (diurna) a maioria das moléculas sofrem dissociação e migram para o lado escuro, onde se recombina. Um exemplo de Júpiter superquente é TOI-1431, cujo período orbital é 2,5 dias e as temperaturas diurna e noturna são respectivamente, 2.700 K e 2.600K – característica que o faz mais quente do que 40% das estrelas da Via Láctea.

G48. Planeta de Período Ultracurto: refere-se a todo exoplaneta que tenha um período orbital inferior a 1 dia. Essa característica faz com este tipo de planeta apresenta evolução orbital e rotação relativamente rápidas. Estima-se que a cada 200 estrelas tipo-Sol haja ao menos 1 planeta de período ultracurto. Planetas de período ultracurto diferem-se de planetas Júpiter quente pela proximidade de seus companheiros. Isto é, os planetas de período ultracurto, quase sempre possuem um vizinho planetário de período orbital mais longo. Ao contrário, os tipo Júpiter quente raramente são encontrados junto de outros planetas com período orbital longo.

G49. Super-Júpiter: refere-se a todo planeta cuja massa é muito maior do que a massa de Júpiter. Destaca-se, nesta categoria, o primeiro exoplaneta detectado por Mayor e Queloz (1995) - o exoplaneta 51 Pegasi b.

G50. Planeta mini Saturno: refere-se a qualquer planeta cuja massa encontra-se no intervalo $M_{net} < m < M_{sat}$, ou seja, a massa planetária seja maior que a massa de Netuno e menor que a massa de Saturno.

G51. Planeta Saturno quente: refere-se aos planetas gigantes gasosos que apresentam grande raio e densidade baixa. Receberam este nome, pois, sua densidade é semelhante à de Saturno. Citam-se como exemplo: WASP-12b e WASP-15b.

G52. Planeta Saturno superquente: refere-se aos planetas gigantes gasosos que possuem massa muito pequena, apenas algumas vezes maior do que a massa terrestre, porém, apresentam um raio maior do que o de Netuno. A densidade de um Saturno superquente é baixíssima e eles são mais frios e menos massivos do que os Saturno quente. Um exemplo de Saturno superquente é Kepler-51b.

G53. Gigantes de gás frio: referem-se a planetas ricos em hidrogênio e cuja massa é maior que Júpiter, em um limite de 500 massas terrestres.

G54. Planeta Gelado: refere-se a um planeta cuja superfície é gelada. Este tipo de planeta apresenta criosfera global. A Terra apresenta criosfera, mas não é global, por isso, ela não é caracterizada como planeta gelado. Do ponto de vista da Astrobiologia, este tipo de planeta é interessante pois em sua composição encontram-se: água, metano, amoníaco, dióxido de carbono, monóxido de carbono, entre outros elementos. Até o momento, não há um planeta gelado confirmado. Entretanto, cita-se como candidato a planeta gelado o Gliese 667 Cd (Anglada-Escudé et al, 2013).

G55. Planeta Gigante Gelado: são planetas de massa semelhante a de Urano ou Netuno, são menores que os gigantes gasosos, mas ainda assim, muito maiores que a Terra.

G56. Planeta Sólido Massivo: refere-se a um planeta sólido cuja massa seja acima de milhares de massas da Terra. Em geral, esta categoria de planetas gira em torno de estrelas massivas (de 5 até 120 massas solares), região na qual o disco protoplanetário é rico em elementos pesados. Para efeito de comparação, Júpiter tem 318 massas terrestres, já um planeta sólido massivo tem cerca de 4 mil massas terrestres.

G57. Mini Netuno: são planetas com massa de até 10 massas terrestres, porém, menos massivos que Urano e Netuno; e possuem atmosferas espessas de hidrogênio e hélio. Do ponto de vista da Astrobiologia, essa categoria também chama a atenção devido a presença de gelo, água líquida, amônia ou uma mistura destes compostos.

G58. Planeta sub Netuno: refere-se tanto a um planeta cujo raio é muito menor que o de Netuno, porém, é possui mais massa que ele; quanto a um planeta com muito menos massa que Netuno, mas com um raio maior do que o raio netuniano.

G59. Planeta Netuno quente: refere-se a um planeta gasoso que está situado próximo à estrela-mãe, ao redor da qual ele orbita. Essa categoria de planeta, em geral, localizam-se a uma distância inferior a 1 Unidade Astronômica (distância entre o Sol e a Terra). Um exemplo de Netuno quente é Gliese 436 b.

G60. Planeta Netuno superquente: refere-se a um planeta maior que Netuno que esteja orbitando sua estrela-mãe a uma distância tão curta que seu período orbital é da ordem de algumas horas. Devido à distância entre este planeta e sua estrela-mãe, ele apresenta temperatura elevada. Um exemplo deste tipo de planeta é LTT9779b, o qual possui um período orbital de 19 horas, temperatura atmosférica em torno de 1970 K e sua massa é quase o dobro da massa de Netuno. Esta categoria, a priori, não deveria existir. Pois, sua atmosfera já

deveria ter evaporado para o espaço devido à intensa radiação de sua estrela-mãe. A descoberta de LTT9779b se deu em 2020 em uma missão do telescópio espacial TESS.

G61. Planeta tipo Netuno: refere-se a um planeta similar em tamanho a Netuno ou Urano do Sistema Solar; e possui atmosfera rica em hélio e hidrogênio, além de apresentar um núcleo rochoso ou com metais pesados.

G62. Planeta Netuno morno: refere-se a um planeta tipo Netuno e que tenha perdido rapidamente sua atmosfera. Em virtude de seu campo gravitacional baixo, ele não consegue segurar sua atmosfera aquecida. Em geral, planetas Netuno morno sofrem um processo de evaporação de sua atmosfera. Isso indica que esta categoria de planeta é, provavelmente, uma transição. Isto é, o destino final de um Netuno morno é se tornar ou um mini Netuno ou uma super Terra.

G63. Planeta Netuno frio: refere-se a um planeta cuja massa pode chegar até 10-15 massas terrestres menor que a massa de Saturno e estão localizados a distâncias muito distantes da sua estrela-mãe (zona de gelo). Esta última característica ajuda a manter compostos como o hidrogênio, água, amoníaco e metano – os quais condensam-se em grãos de gelo sólidos. Atualmente há apenas quatro netunos frios conhecidos, dois no Sistema Solar (Urano e Netuno) e dois fora do Sistema Solar (OGLE-2005-BLG-169Lb e OGLE-2007- BLG-368Lb).

G64. Super Netuno: refere-se a todo planeta cuja massa é maior que a massa de Netuno. Dentro desta categoria, encontram-se os gigantes gasosos. Por exemplo, K2-33b.

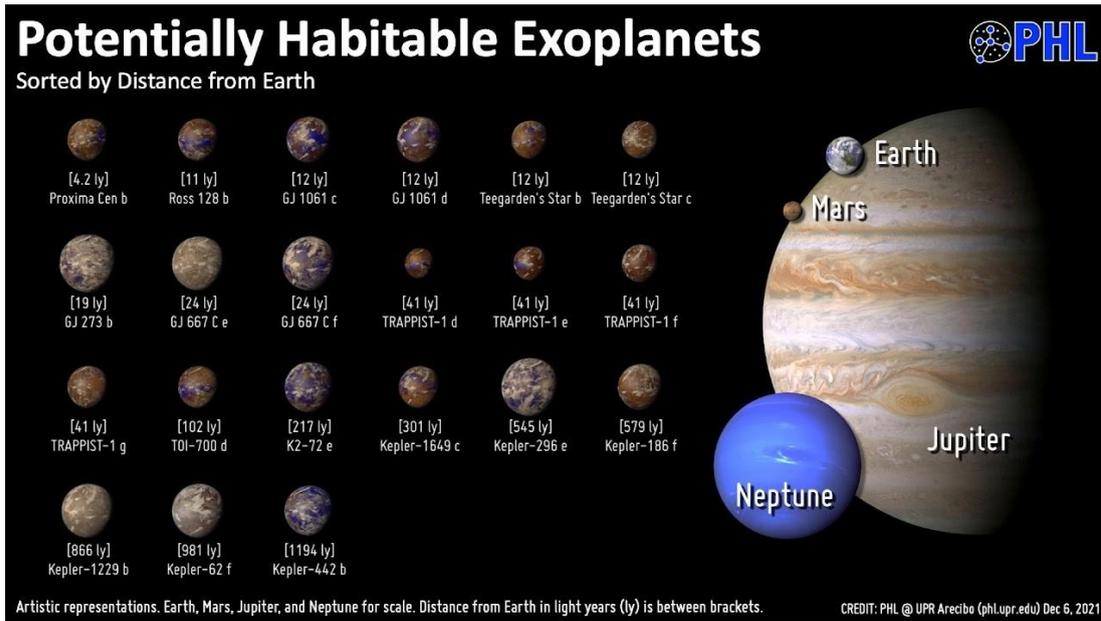


Figura 2.1 – Lista de exoplanetas potencialmente habitáveis. Fonte: PHL/NASA.

Em 2021, o laboratório de habitabilidade planetária PHL da NASA divulgou uma reprodução artista de planetas potencialmente habitáveis e sua comparação em tamanho com os planetas Terra, Marte, Júpiter e Netuno.

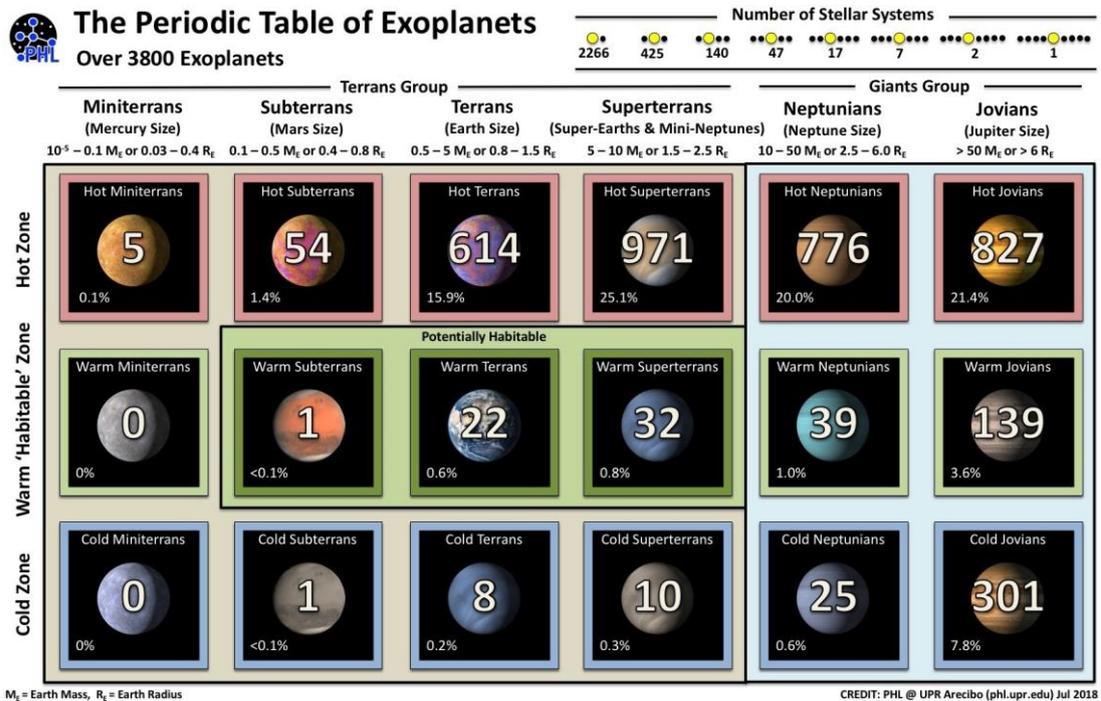


Figura 2.2 –Tabela Periódica de Exoplanetas (2018). Fonte: PHL/NASA.

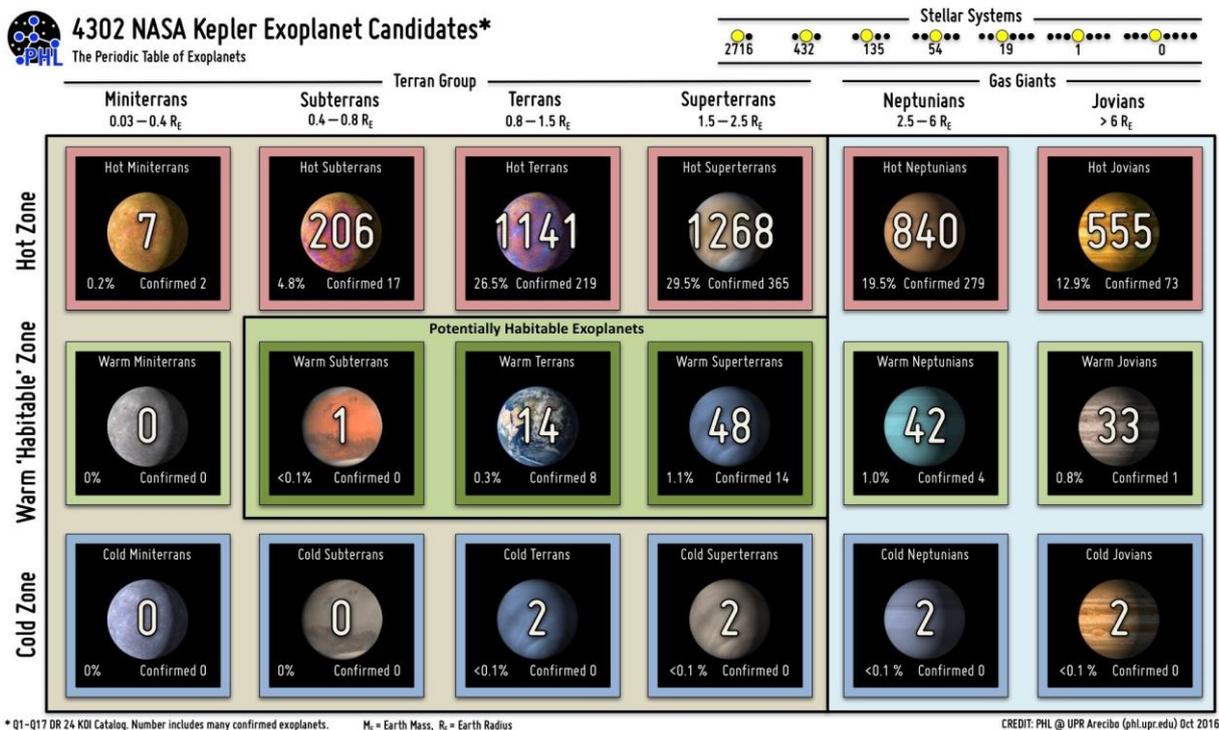


Figura 2.3 – Lista de candidatos a exoplanetas encontrados por Kepler até 2016. Fonte: PHL/NASA.

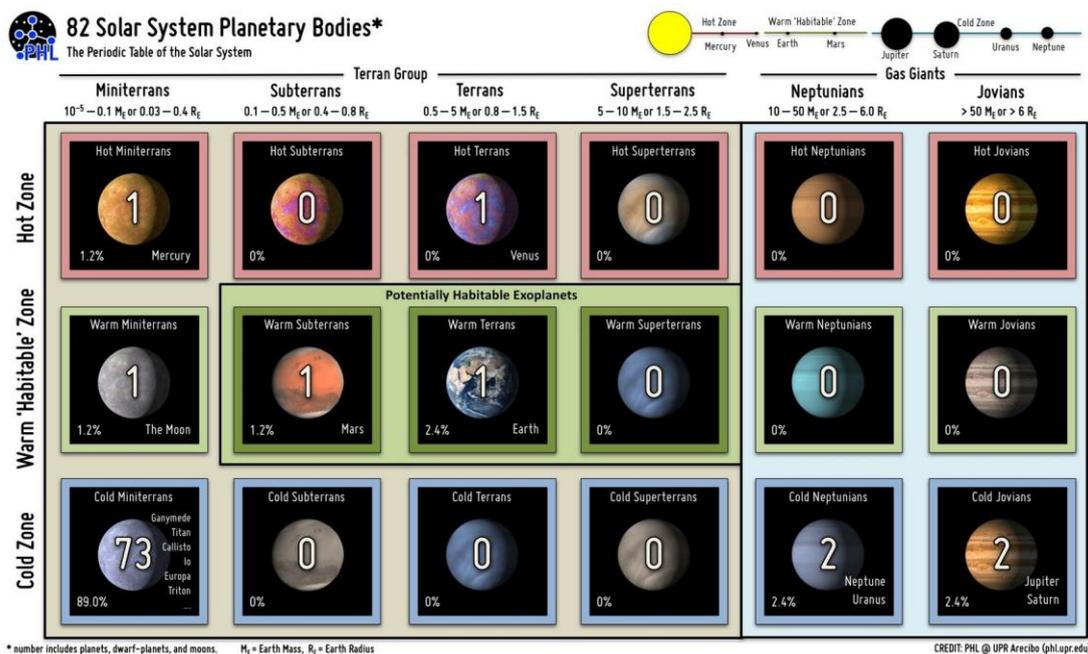


Figura 2.4 – Lista de corpos planetários do Sistema Solar (2016). Fonte: PHL/NASA.

As figuras 2.2 até 2.4 mostram a diversidade de exoplanetas que mencionamos na taxonomia apresentada neste tópico. Muitos dados são de

2016, isso significa que há muitas informações a serem atualizadas. A compreensão dos dados contidos nas figuras acima leva-nos à figura 2.5, na qual fica claro o mapa de “mundos potencialmente habitáveis”.

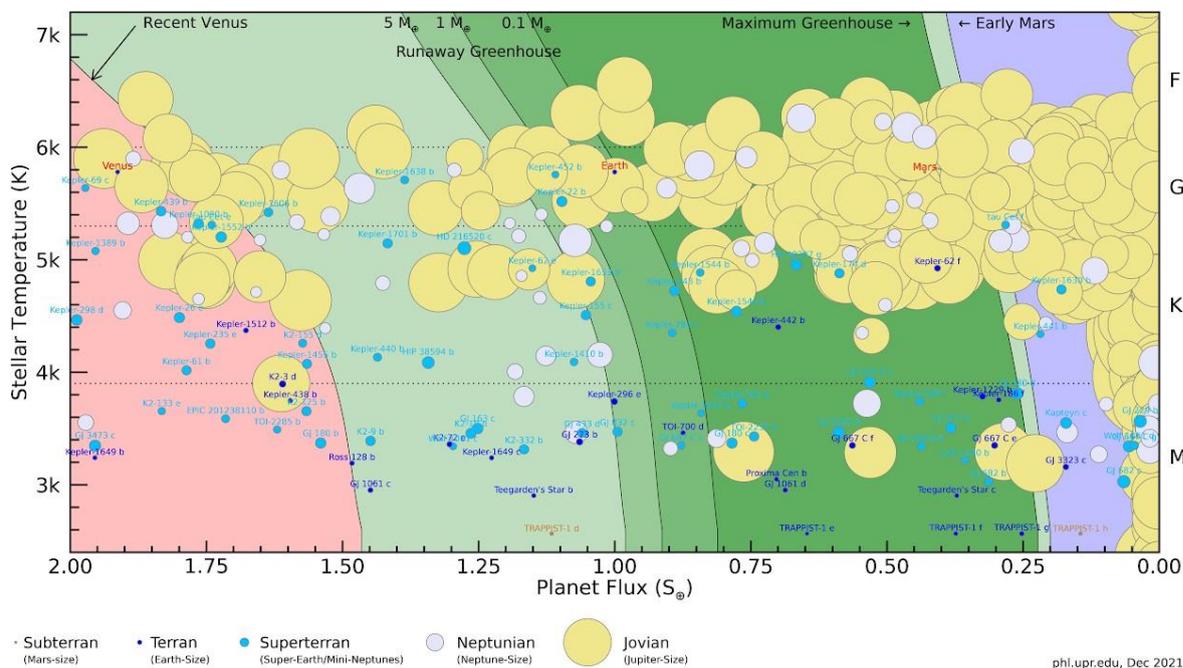


Figura 2.5 – Mapeamento de zona de habitabilidade planetária. Fonte: PHL/NASA.

Na figura 2.5, encontra-se o mapeamento da zona de habitabilidade planetária em função do fluxo e da temperatura da estrela. Em verde escuro, encontra-se a zona de habitabilidade clássica. Em verde claro, a zona de habitabilidade ideal. Observamos que a Terra está em uma região mediana entre aquelas faixas. Também notamos que a range ideal para o surgimento da vida dá-se para planetas cuja massa igual ou menor que 10 massas terrestres, ou dito de outra maneira, cujo raio seja 2,5 o raio terrestre. Planetas tipo super Terra, análogos à Terra e sub Terra tendem a orbitar estrelas mais frias. Por outro lado, planetas tipo Júpiter, Júpiter quente e Júpiter superquente ou orbitam estrelas mais quentes ou estão demasiadamente próximos de sua estrela-mãe.

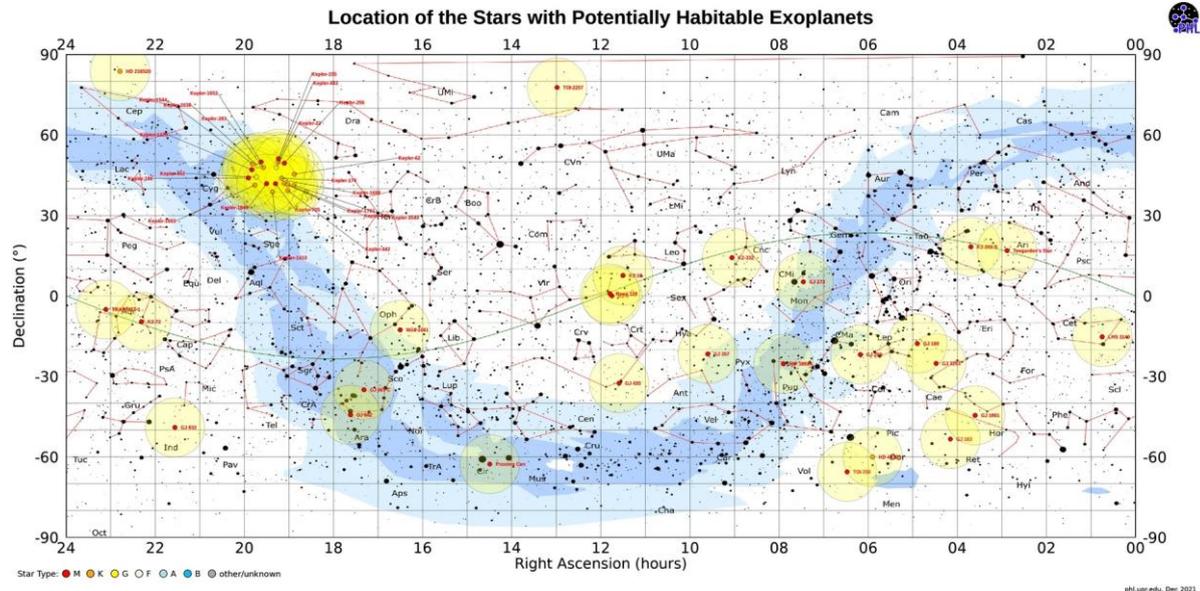


Figura 2.6 – Mapeamento de regiões estelares com planetas potencialmente habitáveis. Fonte: PHL/NASA.

Como falamos ao longo deste tópico, embora haja um número significativo de anãs amarela (tais como o Sol), as anãs laranja e vermelha predominam no mapeamento das regiões estelares com planetas potencialmente habitáveis. Este resultado parece ser otimista, uma vez que muitas daquelas estrelas, mostradas na figura 2.6, têm mais de um exoplaneta.

Em 1961, Frank Drake lançou mão de um argumento probabilístico para estimar o número de civilizações, fora da Terra, presentes somente na Via Láctea. Como é de se esperar, toda vez que se tenta explicar a vida unicamente através da matemática o resultado é sempre o mesmo: tentativa frustrada e formulação inútil. O projeto de Drake foi muito mal sucedido. Na que ficou conhecida como “fórmula de Drake” alguns parâmetros chamam a atenção, por exemplo:

- a) a taxa de formação de estrelas em nossa galáxia;
- b) a fração de tais estrelas que possuem planetas em órbita;

c) o número médio de planetas que potencialmente permitem o desenvolvimento de vida por estrela que tem planetas;

d) a fração de planetas com potencial para vida e que realmente desenvolvem vida.

Os quatro parâmetros acima, por si só, sinalizam o insucesso da fórmula de Drake. Como vimos, há muitos planetas frios, os quais são detectados somente no infravermelho. Além do mais, a taxa de formação planetária nas galáxias não é conhecida; se hoje, 2022, temos muito por estudar sobre exoplanetas, imaginemos em 1961, certamente Drake não tinha a menor noção sobre zona de habitabilidade planetária; o surgimento e evolução da vida em um exoplaneta demanda tempo e tecnologia para acompanharmos o seu desenvolvimento, dois fatores que Drake não tinha à sua disposição. Atualmente, muitos amantes da matemática ainda acreditam na fórmula de Drake, como alguém que espera um milagre. Mas, o fato é que todo sistema biológico é único e não tem como reproduzi-lo como se reproduzem as equações matemáticas. Claro que há planetas que guardam similaridades com outros, porém, isso não significa que sejam iguais. São vários fatores a serem analisados, entre eles citam-se: o tipo de estrela-mãe, idade estelar, histórico da evolução estelar, distância planeta-estrela, vizinhança planetária, condições físico-químicas, condições biológicas, etc. São muitos pontos subjetivos, como dissemos e defendemos: cada caso é um caso. Entretanto, optamos por registrar a fórmula de Drake com o intuito de reduzir as inúmeras distorções conceituais que se têm presenciado quando falamos de exoplanetas, surgimento e evolução da vida. E já que citamos a fórmula de Drake, nada mais justo que citarmos também o “Paradoxo de Fermi-Hart”.

Embora o paradoxo de Fermi-Hart leve o nome de Fermi, ele nunca participou efetivamente da concepção de tal paradoxo, o qual encontra-se publicado

em um artigo de Michael H. Hart [Hart, M.H., 128, Q. Jl R. astr.Soc., 16,1975]. Em suma, o paradoxo de Fermi-Hart mostra claramente o conflito entre um argumento de escala e probabilidade versus a falta de evidências. A definição mais completa pode ser apresentada como

“Argumento 1: O aparente tamanho e idade do universo sugerem a existência de muitas civilizações “fora da Terra” com tecnologia avançada”;

“Argumento 2: A hipótese 1 parece inconsistente com a falta de evidência observacional para suportá-la”.

Agora vamos analisar cada um dos aspectos. Iniciemos pelo argumento e escala, ou seja, pela matemática. Em termos de números, os dados atuais mostram que só na Via Láctea há cerca de 400 bilhões de estrelas, além do mais, para o universo observável a estimativa é que o número de estrelas chegue na casa dos 70 sextilhões. Ainda no campo da matemática, assumindo que o princípio da mediocridade seja válido, ou seja, a Terra não é especial, e sim um simples planeta como outro qualquer, o qual está submetido às mesmas leis, efeitos e resultados prováveis. Se uma parcela ínfima de planetas habitáveis existir, por exemplo 1%, mesmo assim, teremos um número significativo de mundos habitáveis. Em termos de probabilidade, é de se esperar um resultado mais otimista.

Agora, entremos no argumento 2, primeiro do ponto de vista Físico, não temos tecnologia necessária e/ou suficiente para levar essa investigação a cabo e mapear todos os exoplanetas; do ponto de vista da Biologia, quando o assunto é surgimento e evolução da Vida, este assunto demanda tempo, e nem todas as estrelas possuem a mesma idade do Sol; do ponto de vista da Química, temos que ponderar que dada a diversidade planetária, elementos químicos da mesma família na tabela periódica podem assumir papel crucial no quesito surgimento e

sustentação da Vida. Ou seja, na ausência de um elemento químico, outro da mesma família poderá exercer o papel do primeiro. Quimicamente falando, a maioria dos seres vivos terrestres apresentam em sua composição seis elementos químicos, a saber: hidrogênio (H), nitrogênio (N), oxigênio (O), carbono (C), fósforo (P) e enxofre (S). Aliás estes elementos são encontrados nos seguintes componentes básicos para a vida: no DNA (ácido desoxirribonucleico), nas proteínas e gorduras.

Quando dissemos “a maioria” dos seres vivos terrestres, estamos nos referindo a todos os seres exceto às bactérias da família Halomonadaceae, estas apresentam na composição de suas biomoléculas o elemento químico arsênio (As) no lugar de fósforo (P). Estes dados foram publicados por Wolfe-Simon, F. et al., Science, 332, 6034, 1163-1166, 2010.

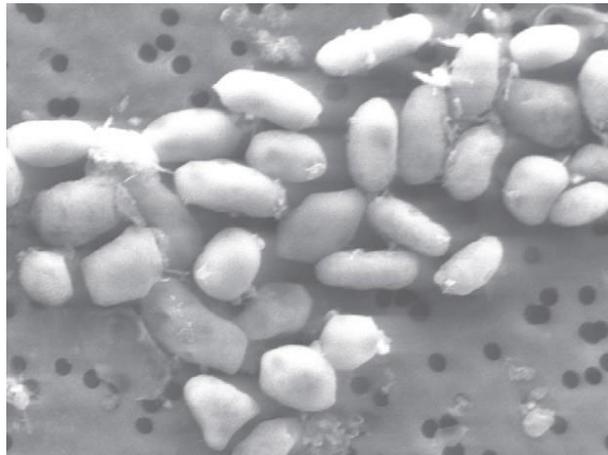


Figura 2.7 – Gamaproteobactéria GFAJ-1, da família Halomonadaceae. Fonte: Science, 2010.

Em biologia, a forma mais comum encontrada é o fosfato $(PO_4)^{-3}$, ao invés de fosfato, a GFAJ-1 usa o arsenato $(AsO_4)^{-3}$ o qual comporta-se de maneira equivalente ao fosfato inclusive no quesito pH. No âmbito da bioquímica, Wolfe-Simon e colaboradores notaram que metabólitos estáveis quimicamente podem existir pela simples troca de arsênio pelo fósforo. A única diferença é que os

tempos de vida de portadores análogos - à base de Arsênio - seriam muito curtos quando comparados com aqueles à base de fósforo.

Portanto, notamos que a Astrobiologia carrega consigo uma forte característica das Ciências Biológicas, ou seja, não pode ser enquadrada nas Ciências Exatas como muitos já tentaram fazer. Dito isto, o paradoxo de Fermi-Hart permanece em aberto para quem ainda acredita que a matemática unicamente terá uma resposta mágica para tudo e a equação de Drake permanece inútil para fins científicos.

2.6 Exoplanetas e Técnicas de Observação

Passemos agora a análise de algumas técnicas empregadas para a observação de exoplanetas. Antes, temos em mente que o desenvolvimento de técnicas de observação espacial possibilitou a detecção de outros planetas dentro e fora do nosso Sistema Solar. A primeira detecção de exoplaneta foi realizada em 1995 por Mayor e Queloz, o planeta detectado apresenta características semelhantes aos planetas Jovianos do Sistema Solar, e encontra-se orbitando uma estrela tipo Sol nomeada de 51 Pegasi (LÓPEZ, 2003). Esta descoberta deu-se pela técnica de variação da velocidade radial, que ocorre devido a medição do brilho da estrela quando esta se afasta ou se aproxima do observador. Neste caso, o Efeito Doppler mostra o quanto o brilho se afasta ou se aproxima do vermelho (redshift).

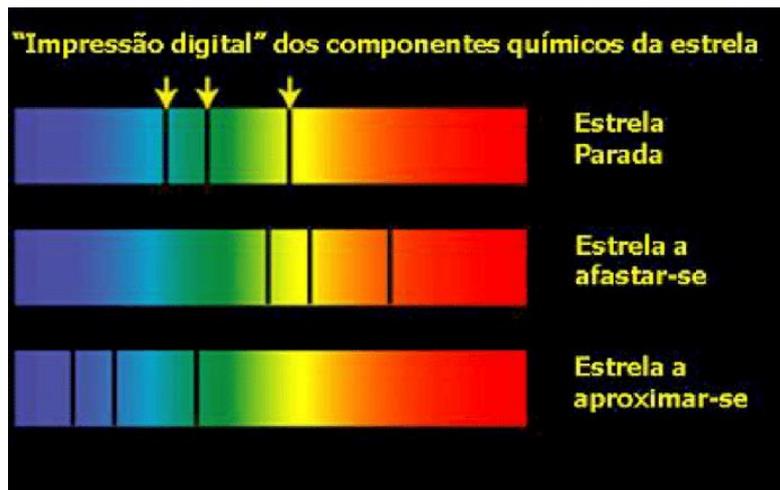


Figura 2.8: Espectro descrevendo o Blueshift e o Redshift.
Imagem retirada de Tort, R. V., RBEF, 0281,2019.

Na figura 2.8, mostra as linhas espectrais de uma estrela, tais linhas funcionam como uma “impressão digital” e cada classe de estrela tem a suas próprias linhas. A análise das linhas espectrais revelam a composição química da estrela. Quando a estrela se afasta do observador, as linhas se deslocam para o vermelho (fenômeno chamado redshift), e quando a estrela se aproxima do observador, as linhas espectrais se deslocam para o azul (fenômeno chamado blueshift). Desta maneira, quando uma estrela varia muito de brilho no céu, é justamente a análise desta variação que nos permite encontrar exoplanetas.

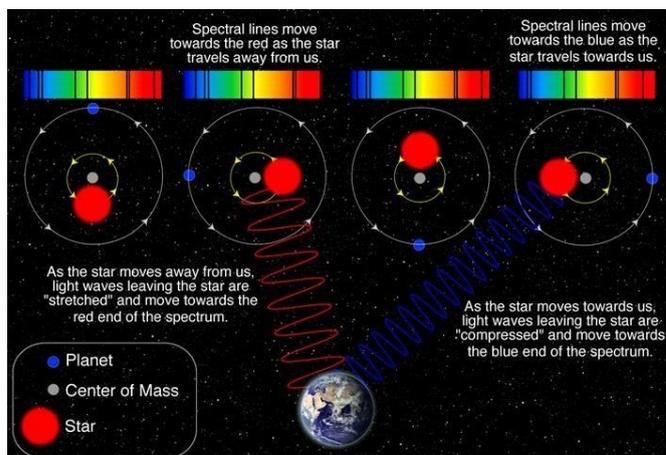


Figura 2.9: Efeito Doppler e a medida da Velocidade Radial.

Imagem: Las Cumbres Observatory.

Na figura 2.9, mostra um esquema no qual em algum momento a estrela (ponto em vermelho) se desloca em direção à Terra, note que as linhas espectrais se deslocaram para o azul, e quando se a estrela se move no sentido oposto, as linhas se deslocam para o vermelho. Tecnicamente, quando a estrela está muito distante, a única forma de se ter alguma informação a respeito da existência de algum exoplaneta é através da técnica da velocidade radial.

O método de velocidade radial mede variações da velocidade com a qual uma certa estrela se aproxima ou se afasta de nós. Quando um exoplaneta orbita a estrela, ambos interagem entre si e acabam ambos girando em torno de um ponto comum entre os dois, o centro de massa. Ao medir a velocidade radial, o que se faz na prática é observar o quanto a frequência ou o comprimento de onda variaram. Esta técnica é aplicada com sucesso para estrelas e planetas que estão a longa distância. Toda vez que se detecta um exoplaneta via velocidade radial, então é possível calcular a massa mínima do planeta – simplesmente através das mudanças na velocidade radial da estrela-mãe. Para os amantes da matemática, recuperamos aqui alguns dados e conceitos da Astrofísica e mostramos como se calculam: 1. a distância do exoplaneta até a estrela; 2. a massa mínima do exoplaneta; 3. a temperatura do exoplaneta.

Para ilustrar os conceitos da Astrofísica, vamos pegar o gráfico da velocidade radial da estrela Proxima Centauri.

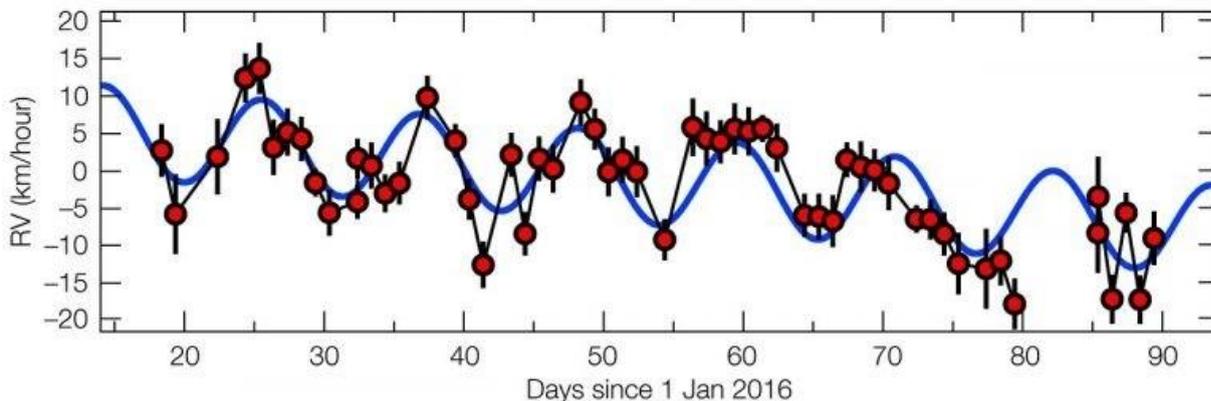


Figura 2.10: Gráfico da velocidade radial da estrela Proxima Centauri. Fonte: ESO/G. Anglada-Escudé.

Na figura 2.10, temos o gráfico da velocidade radial da estrela Proxima Centauri, isto é, mostra como a velocidade com que a estrela afastou ou se aproximou da Terra. Proxima Centauri está situada na constelação do Centauro. Trata-se da estrela mais brilhante desta constelação, distante da Terra 4,22 anos-luz. Proxima Centauri é uma anã vermelha e como já falamos anteriormente esse tipo de estrela favorece a existência de exoplanetas em zonas de habitabilidade planetária. A partir da figura acima, no eixo das abcissas facilmente se nota que o período orbital é, em uma aproximação grosseira, em torno de 10 dias; e no eixo das ordenadas, vê-se que a velocidade radial é de 5km/h (convertendo a unidade da velocidade para o Sistema Internacional, S. I., temos que $v = 1,4$ m/s). Aplicando a 3ª lei de Kepler, ao sistema Proxima Centauri e seu exoplaneta, obtemos:

$$a^3 = (GM/4\pi^2)p^2, \quad (\text{Eq. 2.5})$$

onde a é a distância de Proxima Centauri até o exoplaneta, G é a constante de gravitação universal ($G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$), M e p são respectivamente a massa e o período orbital da estrela. Ao substituir os valores na expressão acima, obtemos $a = 0,052 \text{ UA}$ (o valor exato é $0,048 \text{ UA}$), ou seja, esse método

fornece uma boa precisão na determinação da distância entre o exoplaneta e a estrela-mãe.

A determinação da massa planetária advém da seguinte expressão:

$$M_p \sin(i) = (p/2\pi G)^{1/3} k M^{2/3} \sqrt{1-e}, \quad (\text{Eq. 2.6})$$

novamente, substituindo-se os valores na expressão acima, encontramos que a massa do exoplaneta é aproximadamente 1,1 massas terrestres. O resultado exato é 1,27 massas terrestres.

Por fim, vamos calcular a temperatura do exoplaneta através da expressão

$$T_p = T_e \sqrt[4]{1-b} \sqrt{R/2a}, \quad (\text{Eq. 2.7})$$

mais uma vez, após substituir os valores, encontramos uma temperatura aproximada de 228K. O valor exato é 234K.

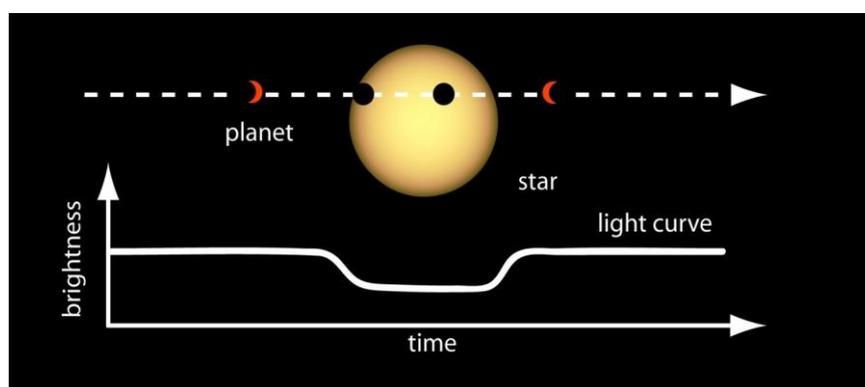
Vimos portanto que o método da velocidade radial forneceu bons resultados. Se por um lado esta técnica apresenta bons resultados para períodos orbitais curtos e não depende da distância na qual a estrela está da Terra, por outro lado, o método da velocidade radial não tem a mesma precisão em determinadas situações, a saber:

- a) quando a velocidade radial for muito baixa;
- b) esta técnica não é adequada para o estudo de exoplanetas em torno de estrelas variáveis;
- c) esta técnica também falha quando a estrela-mãe tem temperatura efetiva demasiadamente elevadas. Haja vista que as velocidades de rotação são maiores e, conseqüentemente, as linhas espectrais se alargam.

Apesar das limitações mencionadas acima, a técnica de velocidade radial é excelente para a detecção de exoplanetas em volta de estrelas tipo Sol (e anãs laranjas e vermelhas).

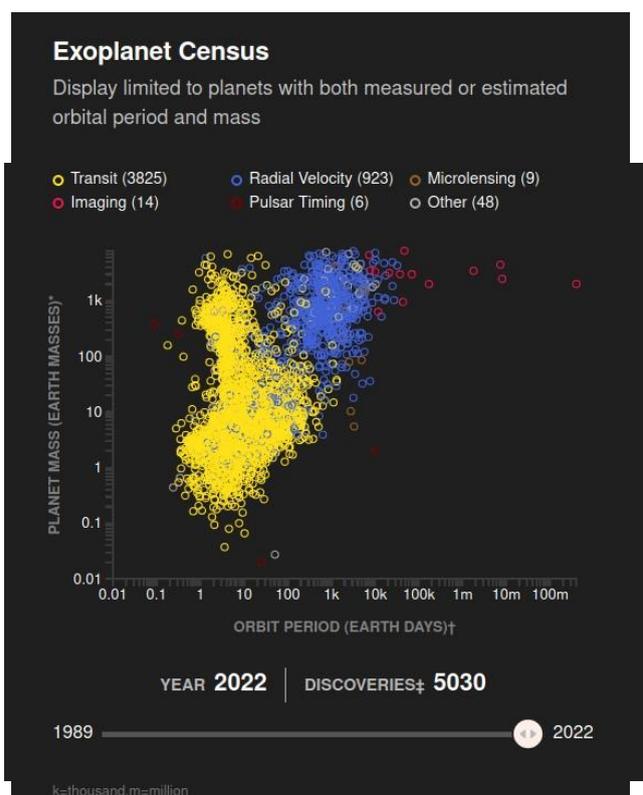
Há um outra técnica que se demonstrou mais eficaz na busca por exoplanetas. Denominado “método de trânsito planetário”, esta técnica é responsável por mais de 76% dos exoplanetas encontrados. O que de fato se faz é fotometria e consiste na coleta de fótons emitidos pela estrela. Ou seja, ao coletar os fótons, teremos uma curva de luz, o brilho da estrela-mãe diminuirá toda vez que o exoplaneta passar na frente da estrela, i.e., em nossa linha de visada. A figura 2.5.4 nos ajuda a compreender melhor todo o processo. A curva de luz é um gráfico do brilho da estrela versus tempo. Ou seja, o brilho da estrela permanece constante e somente decai, quando o exoplaneta entra na frente da estrela. Após o exoplaneta atravessar a frente da estrela, o brilho volta ao valor de antes. Caso haja dois exoplanetas, a curva de luz apresentará dois picos e assim sucessivamente.

Figura 2.11: Curva de luz de um exoplaneta transitando sua estrela. Fonte: NASA.



Quanto à variação da luminosidade, para planetas rochosos a oscilação é em torno de 0,01%, ao passo que a variação da luminosidade pode chegar a 1% para planetas jovianos. Para termos mais precisão, é fundamental que essas observações sejam feitas em telescópios profissionais. Uma grande vantagem do método transição planetária é que ele permite a determinação do raio do exoplaneta.

Segundo o catálogo da NASA (<https://exoplanets.nasa.gov/>), até o presente momento temos 5.030 exoplanetas confirmados e 8.887 candidatos a exoplanetas. A técnica de trânsito planetário encontrou 76,6% do total de exoplanetas confirmados, contra 18,4% encontrados via velocidade radial. Em números, o método de trânsito planetário encontrou 3.825 exoplanetas, ao passo que pela velocidade radial somam-se 923 exoplanetas. Há outros métodos de detecção de



exoplanetas, porém, não aprofundaremos neles, somente citaremos no gráfico abaixo. Recentemente, a NASA divulgou um “censo” dos planetas, vejamos alguns dados.

Figura 2.12: Distribuição dos exoplanetas confirmados por categoria. Fonte: NASA.

Dos mais de 5 mil exoplanetas confirmados, a esmagadora maioria (1764 exoplanetas) são do tipo Netuno, seguidos de super Terras e gigantes gasosos. Neste dado, chama-nos a atenção o número de super Terras e os terrestres.

Como discutido acima, devido a grande presença de estrelas anãs (amarelas, laranjas e vermelhas) a zona de habitabilidade para super Terras e terrestres pode perfeitamente ser altamente favorável ao surgimento e evolução da vida.

Figura 2.13: Principais métodos empregados na descoberta de exoplanetas. Fonte: NASA.

Como dissemos acima, a figura 2.13 mostra os dados somente para os exoplanetas cujos parâmetros - período orbital e massa – ou foram medidos ou foram estimados. Também apresenta a contribuição das principais técnicas já empregadas, são elas:

- a) Trânsito planetário (76,6%)*
- b) Velocidade radial (18,4%)*
- c) Microlentes (2,6%)*
- d) Imageamento (1,2%)*
- e) Variação de tempo de trânsito (0,44%)*
- f) Variação de tempo de eclipse (0,36%)*
- g) Modulação de brilho orbital (0,18%)*
- h) Tempo de pulso (0,14%)*
- i) Pulsação (0,04%)*
- j) Cinemática de disco (0,02%)*
- k) Astrometria (0,02%)*

Como vimos, a detecção de exoplanetas ajuda-nos a entender melhor o processo evolutivo e atual do planeta Terra e mostra-nos a diversidade planetária dentro e fora do Sistema Solar. Uma vez confirmado o exoplaneta, o passo seguinte é estudar os parâmetros físico-químicos e as condições de habitabilidade de tais objetos astronômicos. Nesta parte, é fundamental que

tenhamos em mente o significado de zona de habitabilidade, assunto que trataremos no próximo tópico.

2.7 Zona de Habitabilidade

A evolução da Vida no planeta Terra deu-se de tal forma que o mesmo se transformou em um laboratório para a investigação do surgimento e evolução da Vida. Com grande variação de espécies e habitats; características Biológicas, Físicas e Químicas, a Terra reúne condições – que se não são ideais – foram ao menos necessárias e suficientes para o surgimento da vida. Na tentativa de encontrar algum padrão já conhecido na Terra em outros habitats, a Astrobiologia faz intensas pesquisas não somente em exoplanetas, mas também no planeta Terra. Afinal, é a partir das pesquisas em ambientes terrestre que podemos ter algum parâmetro para entender os dados dos demais exoplanetas.

O surgimento da Vida dos organismos no decorrer do tempo, retratam um modelo de evolução que pode ser aplicado a exoplanetas (Velten et al., 2020) e neste ponto, teremos que ter em mente que tipo de organismos estamos lidando – assunto que será abordado mais adiante. A existência de ambientes favoráveis ao surgimento da Vida, em outros planetas, é compartilhada por Pilling (2008), com uma ressalva – é mister que as condições para a evolução da Vida naquele ambiente sejam satisfeitas.

Na Terra, a base tanto para a existência quanto para a manutenção da Vida, está relacionada com os seguintes fatores, a saber: a) presença e abundância de água; b) condições atmosféricas; c) composição de seres Vivos. Embora o mecanismo do surgimento e evolução da Vida esteja mais claro para a Ciência, o conceito do que venha a ser Vida é algo que ainda não está

claro tanto na *Biologia* quanto na *Astrobiologia*. Afinal, para se estudar a *Vida fora da Terra*, antes, tem-se que considerar as condições *Físico-químicas e Biológicas* dos planetas fora do Sistema Solar – exoplanetas. Consequentemente, a não identificação com as características e/ou parâmetros da terrestres impõe à *Astrobiologia* um novo desafio, a saber: conhecer a fundo todo o processo de surgimento e evolução dos demais planetas principais do Sistema Solar. Quando indagamos “Seria possível existir Vida em outros planetas?” - Vieira et al. (2018) apontam a necessidade de uma definição mais ampla sobre o conceito Vida. Acreditam que este conceito, como o conhecemos aqui na Terra provavelmente não possa ser aplicado a outros planetas.

Sime (2016) afirma que o caminho para o estudo da Vida é a compreensão do conceito de zona de habitabilidade. A qual foi definida em três tipos, a saber:

- i) a zona de habitabilidade galáctica;
- ii) Circunstelar;
- iii) Planetária.

Essas três zonas foram assim determinadas para analisar regiões fora do Sistema Solar, tendo como modelo o nosso sistema planetário, de acordo com as condições físico-químicas e biológicas. Assim, o primeiro passo em busca de exoplanetas habitáveis - em outros sistemas – é encontrar água, solvente universal e componente fundamental para a manutenção da vida. Esta última condição aplica-se também aos satélites naturais dos planetas jovianos do Sistema Solar.

Pilling (2021) acrescenta que o surgimento e a evolução da Vida somente será possível desde que cada uma das zonas de habitabilidade mencionadas acima atendam as seguintes condições:

Zona de Habitabilidade Galáctica: região na qual o bojo central da galáxia apresenta abundância em metais e quantidades suficientes de CHONPS –

Carbono, Hidrogênio, Oxigênio, Nitrogênio, Fósforo e Enxofre. É importante que não haja eventos catastróficos, tal como explosão de Supernovas.

Zona de Habitabilidade Circunstellar: região na qual está presente a estrela-mãe de um sistema planetário. É importante que as estrelas estejam na sequência principal, ou seja, quando a temperatura no núcleo da estrela fica suficientemente alta para iniciar reações estáveis.

Zona de Habitabilidade Planetária: esta é totalmente dependente das duas zonas anteriores, sendo a mais estudada. A condição primordial para a existência de Vida é que os planetas dentro desta zona de habitabilidade devem ser rochosos. Porém, estudos mais recentes não limitam esta ZH aos planetas telúricos, haja vista que a zona de habitabilidade planetária pode abranger satélites naturais de planetas gasosos como as de Júpiter e Saturno.

Três ingredientes são fundamentais para a formação de planetas, segundo Pilling, 2008, a saber:

- a) massa das estrelas;
- b) a distância orbital;
- c) a abundância química.

As zonas de habitabilidade descritas acima, levam-nos à necessidade de que a estrela seja tipo Sol, ao passo que o planeta seja tipo Terra. Donatos et al. (2019) acrescentam que o planeta deverá obrigatoriamente possuir campo magnético suficientemente significativo para proteger a biosfera do planeta de ataques referentes a poeira e raios cósmicos.

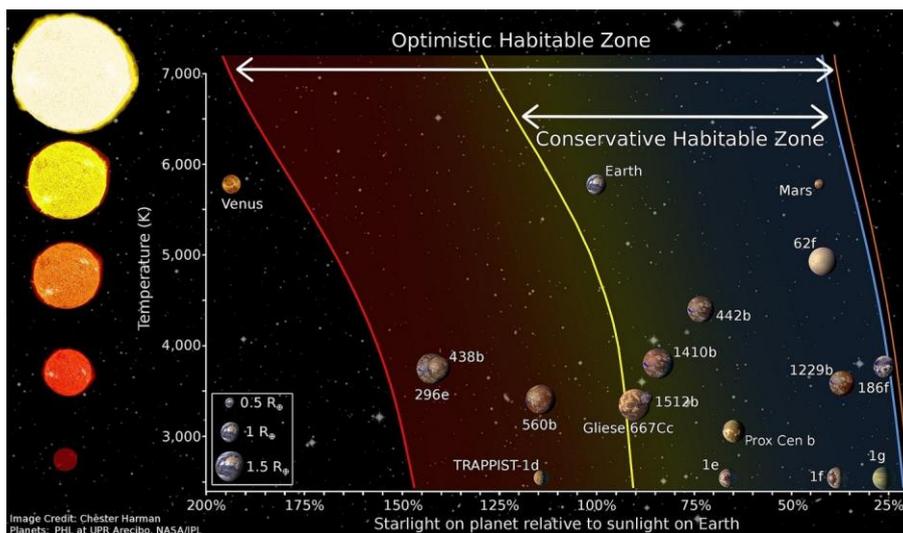


Figura 2.14: Zona de habitabilidade planetária. Fonte: Chéster Harman;NASA/JPL.

Na figura 2.5.7, temos um esquema de como funciona a zona de habitabilidade. No gráfico temos a temperatura estelar versus a quantidade de luz que chega até o planeta. A quantidade de luz é relativa àquela que chega ao planeta Terra. Podemos notar na figura 2.5.7 a presença de três planetas do Sistema Solar, a saber: Vênus, Terra e Marte. Estes planetas servirão como referência para a análise que segue. À esquerda da figura 2.5.7, encontramos as estrelas-mães, observamos que quanto mais elevada for a temperatura efetiva da estrela, mais para a direita a zona de habitabilidade se desloca. Pelo contrário, quanto mais baixa for a temperatura da estrela, mais o limite da zona de habitabilidade planetária se desloca para a esquerda. Tenhamos em mente que por “zona de habitabilidade” estamos nos ferindo à região na qual o planeta (ou exoplaneta) se encontra em condições ótimas (ou no mínimo, suficientes) para abrigar vida. No gráfico, entre as linhas vermelha e laranja temos a zona de habitabilidade estendida. Evidentemente que os extremos são mais complexos, falaremos sobre eles na sequência. Entre as linhas amarela e azul, encontramos a zona de habitabilidade conservativa. Iniciemos nossa análise pela ZH conservativa, notamos que a Terra está dentro desta região (em um dos extremos) o que explica as condições (relativamente favoráveis) para a vida em nosso planeta. No outro extremo da ZH do Sistema Solar, está Marte – que embora atualmente não tenha condições suficientes para sustentar vida, por ele estar no

extremo à direita, terá tempo hábil para permanecer dentro da ZH. Com a evolução do Sol, a tendência é que a única estrela do Sistema Solar aumente de temperatura e com isso a ZH se deslocará para a direita, conseqüentemente, é questão de tempo para a Terra sair da ZH planetária do Sistema Solar. Quanto à Vênus, ele está muito próximo da estrela, fora da ZH, seu destino é se tornar um planeta desértico. A Terra também caminhará para este mesmo fim. A boa notícia é que há outros sistemas estelares com planetas potencialmente habitáveis, conforme nos mostra a figura 2.5.7. Com uma diferença, muitos dos planetas destacados no gráfico acima estão girando em torno de uma anã vermelha ou anã laranja, conseqüentemente, apresentam uma configuração mais estável, na qual o planeta fica mais tempo na zona de habitabilidade planetária. Um exemplo é Proxima Centauri, uma anã vermelha e seu exoplaneta Proxima Centauri b, que está na zona de habitabilidade planetária – vide figura 2.5.7 - este sistema está a 4.2 anos-luz da Terra. Por fim, a variedade de planetas na ZH é grande, há desde sub-Terras até Super-Terras. Mas, é um engano pensar que não haja vida em outros planetas. Pelo contrário, acima falamos de organismos que vivem em outros planetas. No próximo tópico, iremos conhecer os “extremófilos” e buscaremos entender sua função no contexto de surgimento e evolução da vida em outros planetas.

2.8 Extremófilos

Os extremófilos foram abordados de forma a mostrar como esses microrganismos conseguem suportar tais condições, a partir de mecanismos de sobrevivência e da composição celular. O estudo de extremófilos permite não

apenas conhecer a resistência desses microrganismos a situações de estresse, mas também a aplicação na indústria da biotecnologia.

Extremófilos são microrganismos que possuem habitat em ambientes extremos, sendo considerados biocidas, ou seja, vivem em lugares onde outras formas de vida são incapazes de sobreviver (RUTTE & SOUZA 2018). Por sua capacidade de sobrevivência esses organismos são importantes para a Astrobiologia devido a adaptações desses seres a lugares inóspitos.

Em termos de filogenia e fisiologia, os extremófilos pertencem ao domínio Bacteria e Archeae são dependentes de processos metabólicos existentes em seres procariotos, a adaptação acarreta em espécies microbianas com genoma, genes que os diferem de microrganismos encontrados em ambientes que não são extremos.

A adaptação de extremófilos pertencentes ao domínio Archeae e Bacteria possibilitaram o desenvolvimento de componentes celulares e químicos que os tornaram aptos a sobrevivência em ambiente extremos, estudar esses microrganismos possibilita conhecer como pode ter ocorrido a origem da vida. Carl Woese (1977) propôs a classificação dos domínios de acordo com dados da filogenia molecular, onde se encaixam os extremófilos.

A tabela 02 apresenta as características fisiológicas dos extremófilos, conhecer as estruturas celulares é importante para relacionar com o tipo de adaptação que cada tipo de extremófilos necessita.

Algumas formas de Vida conservadas até hoje comprovam a existência de atividade biológica a bilhões de anos, foram encontrados fossilizados, conhecidos como estromatólitos, são considerados importantes para que se entenda o passado do planeta Terra.

Os estromatólitos representam a resistência da Vida ao extremo de microrganismos mais antigos, que são encontrados nos dias atuais, o termo

estromatólito, deriva do grego, stroma que significa “colchão”, e lithos, que quer dizer “pedra”, estes microrganismos icnofósseis (biossedimentares) fotossintetizantes, chamados de cianobactérias, representam em geral o início da vida na Terra (ZABOT, 2015).

Característica	Bactéria	Archeae
Membrana celular	Ausente	Ausente
Número de cromossomos	1	1
Parede celular	Peptideoglicano	Pseudo-peptideoglicano, Glicoproteínas e outros.
Mureína na parede celular	Sim	Não
Lípídeos da membrana celular	Glicerídeos ligados a éster, não ramificado saturado ou monoinsaturado.	Isoprenóide, Glicerol diéter, ou diglicerol tetra-éter.
Organela (mitocôndria e cloroplasto)	Ausente	Ausente
Ribossomos	70s	70s
Síntese de proteínas inibidoras por cloranfenicol e estreptomicina	sim	Não
Sínteses de propina inibidora pela toxina da difteria.	Não	Sim.

Tabela 2.1: Principais diferenças entre os domínios Bacteria e Archeae. Fonte Cardoso (2003).

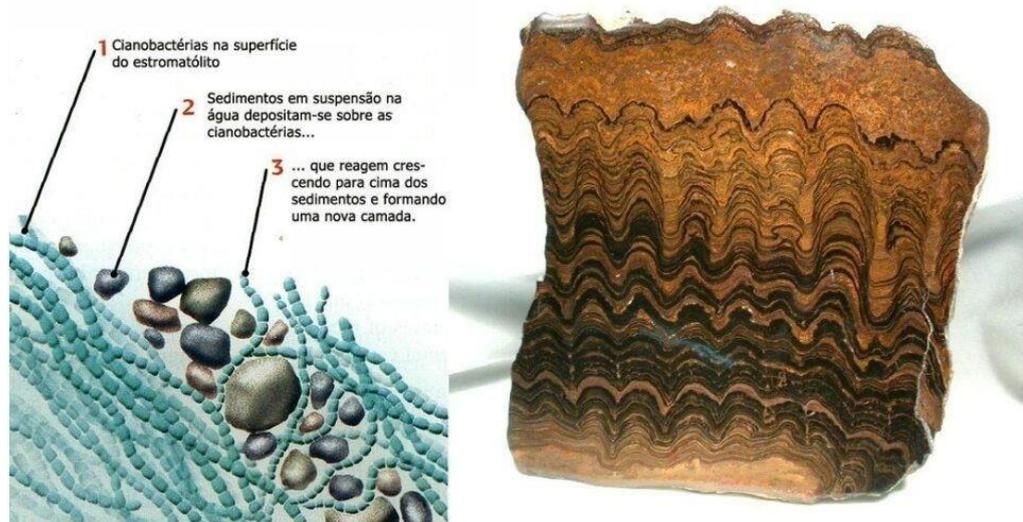


Figura 2.15: Formação Estromatólitos . Fonte: Pereira (2021).

Os icnofósseis de aproximadamente 3,5 bilhões de anos são comuns na região de Pimbara, perto de Marble. Na Austrália, esses estromatólitos são

extremófilos que habitam ambientes diversificados, podem ser encontrados tanto fossilizados como vivos. No Brasil pode ser encontrado em Cráton do São Francisco, nos estados de, Minas Gerais, Bahia e Sergipe.

Quanto aos parâmetros ambientais, os extremófilos – como o próprio nome indica - conseguem viver em condições extremas. Tais microrganismos podem habitar em lugares com alta temperatura, abrangendo desde 55°C até 121° C, assim como, em regiões com baixas temperaturas, indo desde -2°C até -20°C. Também conseguem viver em ambientes de alta Salinidade (NaCl 2-5M), e por outro lado, em ambientes alcalinos, apresentando pH acima de 8, além de estarem presentes em ambientes com alta acidez, com pH menor que 4, conforme mencionado por Ramírez e colaboradores (2006) e Paulino-Lima (2010).

Outro parâmetro importante é a temperatura, segundo este critério, os extremófilos são classificados em: Hipertermófilos, Termófilos, Mesófilos e Psicrófilos, Psicrófilos Facultativos, conforme mostrado na tabela 02.

Classificação dos extremófilos	Descrição quanto a temperatura
<i>Hipertermófilos</i>	<i>A temperatura ótima para o seu crescimento está acima dos 80°C. A Temperatura máximo para crescimento de cultivo estão entre 110°C e 113°C.</i>
<i>Termófilos</i>	<i>Temperatura ideal para o seu crescimento está acima dos 45°C.</i>
<i>Mesófilos</i>	<i>São capazes de crescer em intervalos de temperaturas variando de 25°C a 45° C.</i>
<i>Psicrófilos</i>	<i>São capazes de crescer em temperaturas abaixo de 5° C com temperaturas máximas de 20° C. Frequentemente capazes de crescer em intervalos aproximados de 10°C.</i>
<i>Psicrófilos Facultativos</i>	<i>A temperatura ótima para o seu crescimento é de 15°C, chegando a alcançar os 20° C, porém pode se desenvolver em temperaturas abaixo de 0°C.</i>

Tabela 2.2: Classificação dos extremófilos em função da temperatura ótima para o crescimento.

Fonte: Ramírez, Serrano & Sandoval, 2006.

Os microrganismos descritos na tabela 02 são encontrados em ambientes como fontes hidrotermais, são compostos por materiais orgânicos e materiais em fermentação que pode chegar até 65°C como os hipertermófilos.

Os Termófilos vivem em ambientes com altas temperaturas, estas bactérias possuem proteínas de choque térmicas que produz em altas temperaturas e estabilizam as proteínas e ácido nucléico da própria bactéria. Podem resistir a temperaturas 250°C.

Nicolau (2016 p. 41), apresenta algumas características que permitem ao extremófilos a viverem em condições termofílicas:

i) A proteínas que não se desnaturam a temperaturas elevadas (ex. presença de seqüências invulgares de aminoácidos que estabilizam a estrutura proteica a temperaturas elevadas),

(ii) membranas celulares termoestáveis (possuem uma proporção de ácidos gordos ramificados, de elevado peso molecular, superior ao de outros organismos e que lhes permitem manter a semipermeabilidade a temperaturas elevadas) e

(iii) maior estabilidade das moléculas de ácidos nucleicos a temperaturas elevadas (contêm uma proporção de guanina e citosina no DNA superior à de outras formas celulares, o que aumenta o ponto de fusão do DNA, devido a um maior número de ligações de H na molécula de ácido nucleico), entre outros.

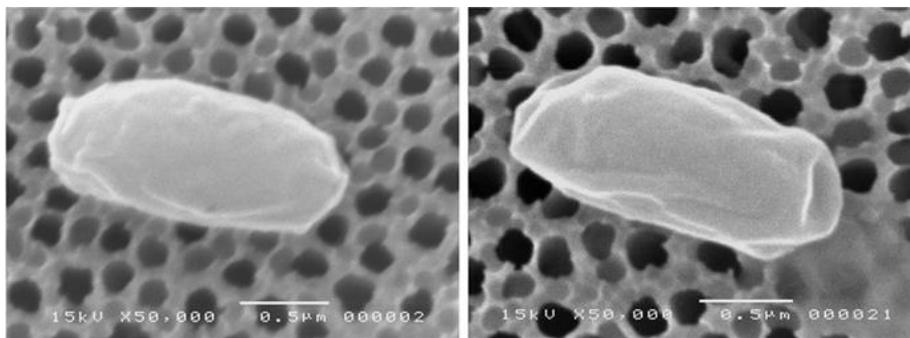


Figura 2.16: Estrutura de Bacillus Stearothermophilus Spores.

Fonte: Mounir, S. et al., 2016.

O Bacillus stearothermophilus spores pertence à família Bacillaceae, é uma bactéria gram-positiva aeróbica, a respiração ocorre por intermédio de compostos como o açúcar, aminoácidos, e compostos orgânicos como o oxigênio. Esses microrganismos vivem temperaturas que chegam a 75°C sendo, portanto, considerado um Termófilo.

Estudos desenvolvidos por Júnior (2011), sobre microrganismos que vivem em condições extremas, analisou que na Caatinga Brasileira, solo da Antártica e sedimentos de manguezais foram encontrados extremófilos. Em sua pesquisa, caracterizou extremófilos do tipo Mesófila que estas são formadoras por esporos e actinobactérias, sendo que ocorre um declínio populacional durante a estação de seca.

Segundo Júnior(2011), no solo da Antártica próximo à Estação Comandante Ferraz (Baía Almirantado), onde o continente é 98% de sua área coberto por gelo, habitam comunidades microbiana de Psicrófilos, a resistência as condições extremas de temperaturas estão relacionadas com a presença de membranas lipídicas ricas em ácidos graxos insaturados, além de altas taxas metabólicas em temperatura próximas a -20° C.

As Bactérias halófilas, necessitam de adaptações ao ambiente extremo, os microrganismos que sobrevivem em condições de salinidade, podem acumular solutos compatíveis, que são compostos orgânicos que equilibram a pressão osmótica no interior e exterior da célula bacteriana e evitam a dessecação. Os gêneros de bactérias halofílicas mais conhecidas são Halobacterium e Haloanaerobium.

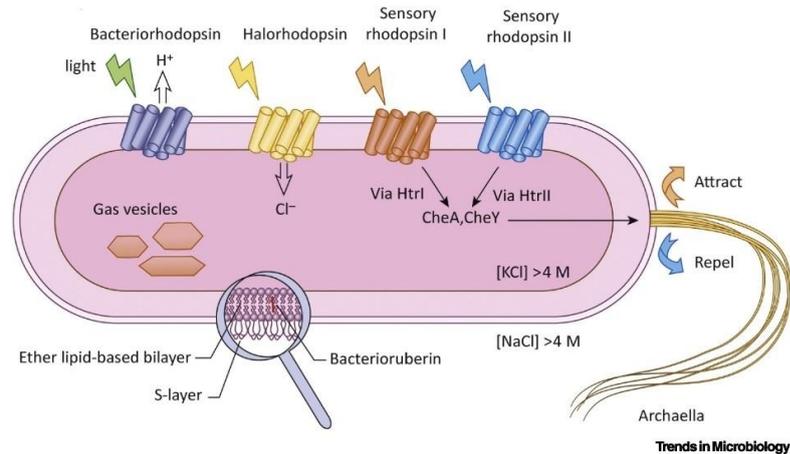


Figura 2.17: Bactéria do gênero *Halobacterium*. Fonte: Eichler (2019).

A figura 2.17, acima, representa a forma fisiológica de um *Halobacterium*, podemos observar os compostos orgânicos que equilibram a pressão osmótica na célula bacteriana explicando como a bactéria é adaptada a ambientes halófilos.

Ramírez, Serrano e Sandoval (2006) descrevem as seguintes classificações quanto os ambientes em que se encontram os extremófilos:

Os extremófilos que são classificados quanto ao pH são chamados de Acidófilos. Vivem em ambientes com $\text{pH} < 5$. Esses ambientes ácidos são resultado de processos geoquímicos, por exemplo, habitam locais rico em minérios e até mesmo no trato gastrointestinal. Acidófilos do gênero *Thiobacillus* crescem em meios onde o pH perto de 2,0, enquanto que o gênero *Thiobacillus thiooxidans* desenvolve-se em condições cujo pH varia entre 1,0 e máximos de pH de 4,0 -6,0. As adaptações fisiológicas que permitem que a atividades enzimáticas e transporte de membrana se processem apenas a valores de pH baixos.

Os Xerófilos se desenvolvem em ambientes extremo dessecação por até longos períodos, geralmente vivem em simbiose, com algas ou líquens.

Os ambientes ricos em metais pesados também abrigam extremófilos, são classificados como Metalófilos, estão presentes no solo, em sedimentações e até mesmo em indústrias que possuem metais pesados.

Em profundidades oceânicas com altas pressões, abrigam os Barófilos, mesmo habitat onde pode-se encontrar Termófilos e Hipertermófilos.

Em locais de alta salinidade, são habitat para os Halófilos, vivem em lagos salinos, como no Mar Morto, encontram-se em tanto em zonas quentes quanto em regiões secas.

Como percebemos, quando o assunto é classificação, encontramos uma gama de critérios e categorias. Há muito mais, ao leitor que queira se aprofundar neste tópico, sugerimos a leitura de Paulino-Lima & Lage (2010) e Cline (1986).

As evidências que os microrganismos vivem dentro de rochas (Xerófilos) torna evidente o pensamento de que a Vida pode existir em ambientes com ausência de luz solar, além também de observamos que seres extremos possuem formas diferentes de adaptações, e até metabólica, Ramírez(2009).

A busca de vida fora da Terra foi impulsionada pela descoberta de extremófilos, com uma tendência a se fundamentar na teoria da panspermia para explicar a origem da Vida na Terra. Os extremófilos também contribuíram para o desenvolvimento da indústria em biotecnologia (Ramírez, Serrano & Sandoval, 2006).

Para fechar este tópico, iremos tecer alguns breves comentários quanto aos satélites naturais de alguns planetas do Sistema Solar. Veremos que o estudo e as missões espaciais voltadas única e exclusivamente para estes satélites naturais começam a fazer sentido e se mostrarem muito promissoras.

Os quatro maiores satélites naturais de Júpiter são: Io, Europa, Ganimedes e Calisto, Pedraza (2020), descreve as seguintes características para esses corpos:

*Io: é o satélite mais interno **de Júpiter**, está situada a uma distância de 420.000 km de Júpiter, possuindo diâmetro de 3.642 km. Segundo McFadden et al. (2006), Io possui em seu interior cerca de 400 vulcões ativos, sendo considerado o maior corpo com maior atividade vulcânica conhecido no Sistema Solar (Apud PEDRAZA, 2020).*

Europa: é menor em comparação aos outros três satélites naturais, possuindo 3.121 km de diâmetro, sua composição está formada por camadas de gelo, podendo abaixo de sua superfície, existir um oceano. Europa é o satélite natural favorito da Astrobiologia por ser um forte candidato que apresenta condições para a Vida.

Ganimedes: é o maior satélite natural do Sistema Solar, apresenta mais de 5.000 km de diâmetro, sendo maior que o planeta mercúrio, que por sua vez é o menor planeta do Sistema Solar, uma característica que chama atenção em Ganimedes é seu campo magnético. Para Vance et al. (2014), no interior de Ganimedes existe a possibilidade da presença de oceano, a uma distância de 200 km de sua superfície (Apud PEDRAZA, 2020).

Calisto: é o terceiro maior satélite natural, com diâmetro de 4.8000 km, e composta por rochas e gelo, apresenta uma atmosfera muito fina de dióxido de carbono, podendo a 300km de sua superfície conter oceano Troutman (2003), Apud Pedraza (2020).

*Os satélites naturais de **Saturno** que possuem características peculiares a Astrobiologia são Encélado e Titã. Galante et al., (2016 p. 259) descreve que Titã é o maior satélite natural de Saturno e o segundo maior do Sistema Solar apresentando diâmetro de 5.150 km, apresenta atmosfera densa e clara*

evidências de corpos líquidos em sua superfície, composta por material rochoso e água.

Galante et al., (2016 p 265) destacam o satélite natural Encélado como sendo o sexto satélite natural de Saturno com 500 km de diâmetro, e sendo composto por água, silicatos e ferro, sendo diferenciado por apresentar um núcleo rochoso, envolto por um oceano líquido e uma crosta de gelo em sua superfície.

*O maior satélite natural de **Netuno** é Tritão, apresentando diâmetro de aproximadamente 2.700 km. Apresenta superfície jovem e com poucas crateras, provavelmente devida a recente atividade geológica. Através de observações realizados em espectros da Voyager, foi possível mostrar que Tritão possui superfície predominada por N_2 , H_2O e CO_2 congelados, além de apresentar em menor quantidade CO e CH_4 .*

Os satélites naturais de Júpiter descritos estão na lista de ambientes fora da Terra que indicam a possibilidade de existência de vida de extremófilos em locais submarinos.

Os satélites naturais de Saturno indicam que em Titã apresenta atmosfera semelhante a atmosfera da Terra, com 1,5 atm de pressão, porém, com temperaturas acima de $-200^\circ C$. Não é provável que exista vida em Titã, entretanto, suas características físicas químicas servem de laboratório vivo para o estudo da origem da vida.

Apesar de existir satélites naturais em Urano, estes não serão descritos devido o pouco conhecimento que se tem sobre esses corpos. Até aqui, vimos que há uma grande diversidade de microrganismos, de planetas e diferentes configurações de satélites naturais. Claramente, não só o Sistema Solar, mas, muitos sistemas estelares apresentam grande potencial para o surgimento de vida. Até aqui, preocupamos com a taxinomia. No próximo capítulo, falaremos

mais sobre exoplanetas e apresentaremos um conjunto de exoplanetas com os quais trabalhamos em 2020-2021.

3 Exoplanetas

Já vimos no capítulo anterior que o termo “exoplanetas” é muito amplo, entretanto, a partir de agora, iremos nos ater à definição apresentada por García (2017): “Exoplanetas são planetas que se encontram fora do Sistema Solar e que orbitam uma ou mais estrelas que não seja o Sol.”. Dito isso, antes de apresentar as amostras que trabalhamos, apresentaremos um breve histórico no qual o leitor irá perceber como a Astrobiologia avançou na busca e estudo destes exoplanetas.

3.1 Histórico

O primeiro exoplaneta detectado foi em 1992 e orbitava um pulsar. Porém, somente em 1995 que se teve o primeiro registro de um exoplaneta que

orbita uma estrela da sequência principal. Denominado 51Pegasi-b, este exoplaneta encontra-se à cerca de 50 anos-luz de distância da Terra. Sua estrela -mãe é uma anã amarela, i.e., uma estrela tipo Sol. O sistema 51Pegasi se localiza na Constelação de Pegasus, os responsáveis pela descoberta foram Mayor e Queloz (López, 2003).

Posteriormente, com o lançamento de telescópios espaciais como o CoRoT (2006) e Kepler (2009) houve a intensificação de detecções de inúmeros exoplanetas.

A busca por exoplanetas por meio do telescópio espacial CoRoT deu-se por meio da técnica de trânsito planetário cujo principal objetivo foi encontrar exoplanetas parecidos com a Terra através do estudo da rotação e massas estelares.

O primeiro exoplaneta detectado foi batizado com o nome CoRoT-Exo-1b, trata-se de um exoplaneta do tipo Júpiter (Fridlund, 2010). Porém, o primeiro trânsito planetário encontrado por CoRoT foi registrado oficialmente em 2009, no sistema CoRoT-7 - chamado de CoRoT-7b – o qual está localizado na constelação de Órion. Uma característica interessante sobre esse exoplaneta é que ele apresenta rocha e água (em forma de vapor). A presença de água e solo rochoso fez com que fosse ampliada a busca por exoplanetas com tais características.

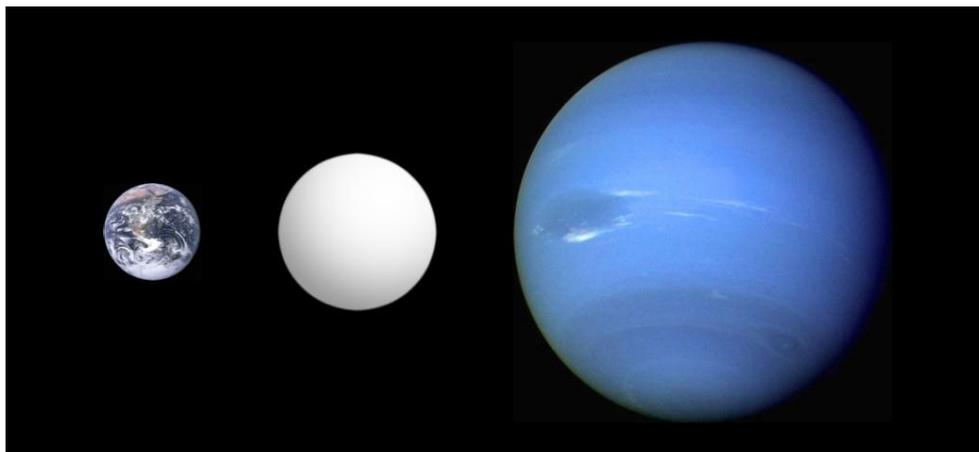


Figura 3.1: Comparação entre Corot-7b e Terra (à esquerda) e Netuno (à direita).
 Fonte: Drake, N., Science News, 180 (8), 2011.

A popularização de planetas tipo Terra foi revelada por meio do satélite Kepler onde detectou 24 exoplanetas tipo Terra e Super-Terra. O satélite Kepler foi projetado para detectar diferentes exoplanetas, possuindo a capacidade analisar a atmosfera planetária e distinguir os exoplanetas de subestelas. Dentre as principais realizações, podemos destacar que: a) Kepler detectou o primeiro sistema multiplanetário extrassolar orbitando estrelas binárias, o qual foi denominado de sistema Kepler-47; b) detectou o primeiro exoplaneta com a possibilidade de estar na ZH planetária, Kepler-22b, além de muitas outras contribuições (SOTO, 2020).

Como vimos, o desenvolvimento de telescópios como CoRoT e Kepler possibilitaram a identificação de diferentes tipos de exoplanetas, o que contribui com o estudo de sistemas planetários e evolução planetária. Para a Astrobiologia o estudo da vida fora da Terra é um grande desafio, por isso, aplicar os parâmetros de vida a planetas semelhantes e/ou similares à Terra, permite-nos otimizar a busca pela vida dentro e fora do Sistema Solar.

3.2 Planetas no Sistema Solar

O Sistema Solar está composto por oito planetas principais, a saber: Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno. Apesar de todos esses planetas possuem características próprias, podemos dividi-los em planetas gasosos e em planetas terrestres. No capítulo 2, descrevemos os diversos tipos de planetas, agora, usaremos aquele conhecimento para chegarmos aos exoplanetas e sistemas multiplanetários. A ideia central é replicar o nosso sistema planetário em outros locais do universo. Em princípio, partiremos da premissa que todos os sistemas planetários sejam similares ao nosso. Porém, caso haja diferenças, e haverá diferenças, então, buscaremos encontrar planetas que sejam similares – individualmente – aos existentes no Sistema Solar.

Na Astronomia antiga, os planetas terrestres, são aqueles rochosos e cujo tamanho é menor que os planetas gasosos. Essa classificação rústica permite a Astrobiologia inferir que os exoplanetas terrestres – aqueles planetas existentes fora do Sistema Solar e são rochosos, possam ser classificados em: tipo Mercúrio, tipo Vênus, tipo Terra, tipo Marte e Super Terra. Ao apresentar esta taxinomia, de maneira grotesca, pressupõe-se que planetas sub Terras sejam subclasses daquelas. Hoje, o entendimento é bem diferente, devido ao avanço tecnológico nas missões espaciais e ao volume de informações que temos dos exoplanetas. Mas, aquela classificação serviu, a priori, para mapearmos os sistemas planetários – tendo como base o nosso sistema. Esse fenômeno foi explicado por García (2007) que assim relatou “...no estudo de planetas extrassolares, os corpos planetários catalogados aderiram as características de planetas do Sistema Solar, ou seja, os exoplanetas que já forma catalogados também pertencem a essas duas classes.”.

Raciocínio análogo foi aplicado aos exoplanetas gasosos, assim, temos os tipo Júpiter (quente e frio), tipo Netuno (quente e frio) e super Júpiter. Estes, juntamente com os exoplanetas terrestres formaram a primitiva taxonomia planetária.

Voltaremos a falar mais sobre o Sistema Solar no próximo capítulo. Por agora, vamos continuar falando de exoplanetas. Em particular, entraremos de vez no cerne deste trabalho.

Um dos objetivos deste trabalho foi estudar exoplanetas e aprender as técnicas de identificação e caracterização dos mesmos. Como falamos anteriormente, o avanço tecnológico pelo qual a Astrobiologia passou e está passando constantemente, permitiu-nos a coleta de um grande número de informações, as quais carecem de tratamento, i.e., aplicação de rotinas específicas que nos permitam ter um conhecimento da amostra que estamos estudando.

Em 2020, o NEPA/UEA recebeu uma amostra contendo dados das regiões de Cisne (Cignus) e de Lira (Lyra). Os dados foram coletados pela missão Kepler. A nossa tarefa consistiu em agrupar os dados em grupos de sistemas planetários.

Dentro do escopo deste trabalho optou-se por fazer seleção de 26 sistemas planetários, diante da diversidade de exoplanetas confirmados pelo telescópio Kepler - missão destinada a encontrar exoplanetas tipo Terra.

Os dados foram divididos em dois lotes, um para a região proximal de Cignus e outra para a região proximal de Lyra. Nesta pesquisa, iremos apresentar apenas os dados referentes ao lote Cignus, o lote Lyra ficou por conta de outra estudante fazer as análises. Chamamos a atenção para o fato que nós não classificamos os sistemas planetários, somente usamos os dados

recebidos para aplicarmos as técnicas que nos foram passadas. Assim, todos os sistemas planetários citados abaixo foram confirmados entre 2014 e 2016.



Figura 3.2: Região de Cygnus abordada neste trabalho.

A figura 3.2, mostra a região proximal a Cygnus – na verdade é um recorte na região onde estão os objetos astronômicos deste trabalho. De fato, o total de dados são referentes aos sistemas planetários entre as Constelações Cygnus e Lyra. A mesma área foi observada no visível, Infravermelho e em Raios-X. Observamos que nas imagens em infravermelho e em Raios-X, podemos reconhecer algumas estruturas. Lembrando que objetos cuja temperatura é baixa não podem ser encontrados no visível; assim, ao nos depararmos com um objeto “frio”, teremos que investigar se o mesmo é um planeta ou não.

Juntamos todos os dados e organizamos na tabela 3.1, nela estão os tipos de exoplanetas, os nomes dos exoplanetas e a quantidade de exoplaneta em cada sistema planetário. Como é mostrado na tabela 3.1, a maioria dos sistemas planetários são compostos por apenas um exoplaneta.

N.	Tipo	Sistema	Exoplanetas	N. de exoplanetas
01	Tipo Netuno, Super Terra	Kepler-342	Kepler-342-b, c, d, e	4
02	Super-Terra	Kepler-226	Kepler-226-b, c, d	3
03	Tipo Netuno	Kepler-58	Kepler-58-b, c, d	3
04	Super Terra, Tipo Netuno	Kepler-18	Kepler-18-b, c, d	3
05	Super Terra	Kepler-1649	Kepler-1649-b, c	2
06	Super Terra	Kepler-804	Kepler-804-b, c	2
07	Super Terra, Tipo Netuno	Kepler-110	Kepler-110-b, c	2
08	Super Terra, Tipo Netuno	Kepler-173	Kepler-173-b, c	2
09	Super Terra, Tipo Netuno	Kepler-252	Kepler-252-b	2
10	Tipo Netuno, Super-Terra	Kepler-283	Kepler-283-b, c	2
11	Super Terra, Tipo Terra	Kepler-524	Kepler-524-b, c	2
12	Super Terra	Kepler-1594	Kepler-1594-b	1
13	Super Terra	Kepler-1573	Kepler-1573-b	1
14	Super Terra	Kepler-1652	Kepler-1652-b	1
15	Super Terra	Kepler-1544	Kepler-1544-b	1
16	Tipo Netuno	Kepler-1543	Kepler-1543-b	1
17	Super Terra	Kepler-1259	Kepler-1259-b	1
18	Tipo Terra	Kepler-1416	Kepler-1416-b	1
19	Tipo Netuno	Kepler-472	Kepler-472-b	1
20	Tipo Netuno	Kepler-631	Kepler-631-b	1
21	Super Terra	Kepler-99	Kepler-99-b	1
22	Tipo Netuno	Kepler-604	Kepler-604-b	1
23	Tipo Netuno	Kepler-1015	Kepler-1015-b	1
24	Tipo Terra	Kepler-1173	Kepler-1173-b	1
25	Tipo Netuno	Kepler-1696	Kepler-1696-b	1
26	Super Terra	Kepler-1180	Kepler-1180-b	1

Tabela 3.1: Sistemas planetários da região proximal de Cygnus.

Na tabela 03 constam os 26 sistemas presentes na região proximal de Cygnus, do total **15 sistemas possuem apenas 1 exoplaneta**, sendo que 6 sistemas constam exoplanetas do tipo Netuno: o sistema Kepler-604, Kepler-1015, Kepler-1543, Kepler-472; Kepler-631 e Kepler-1696. Aqui, percebemos que há muitos sistemas planetários muito diferentes do nosso, que contêm 8 planetas principais. Por isso, precisamos separar os sistemas planetários em: monoplanetário e multiplanetário, este último será tratado no capítulo 4.

Temos também 7 (sete) sistemas com exoplanetas que pertencem a subclasse de planetas Super Terra, os quais se encontram nos sistemas, Kepler-1594, Kepler-1573, Kepler-1652, Kepler-1544, Kepler-1259, Kepler-99 e Kepler-1180. Apenas dois sistemas possuem planetas do tipo Terra: sistema Kepler-1173 e Kepler-1416.

Notamos que há muito mais sistemas planetários de planetas únicos a que multiplanetários, ou seja, sistemas planetários com mais de um planeta é algo raro no universo. Por outro lado, planeta tipo Terra, Netuno e super Terras são mais frequentes na região proximal de Cygnus. Levando em conta que a maioria das estrelas é da classe das anãs, então, passamos a ter uma expectativa positiva a respeito da ZH planetária. Para isso, é mister estudarmos as estrelas-mães e como se dá a relação entre estas e seus respectivos exoplanetas. Mas antes de passarmos para o estudo as estrelas-mães, iremos discutir mais sobre exoplanetas e o significado da características encontradas na região proximal de Cygnus.

Nas figuras 9,11 e 12, temos comparações entre os exoplanetas e dois planetas do Sistema Solar (Netuno e Terra, respectivamente). Na figura 3.5, vemos que Kepler-1015-b é um Netuno frio. Embora seu raio seja levemente menor que o de Netuno, ele é mais massivo que o similar do Sistema Solar. Sua temperatura baixa é em virtude de seu alto período orbital, distante de sua estrela-mãe, conforme mostrado na figura 3.6.



Fonte: <https://www.exoplanetkyoto.org>

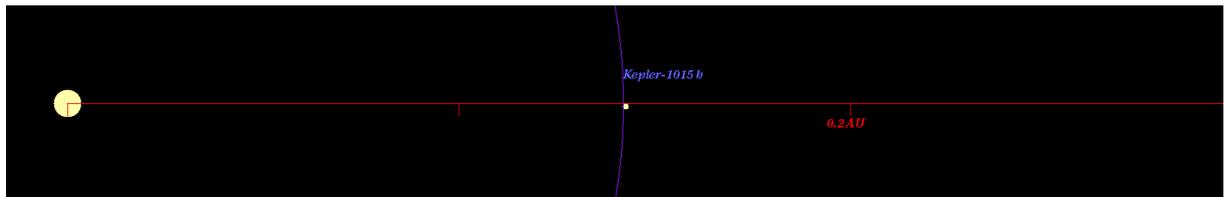


Figura 3.6: Sistema planetário Kepler-1015.

Fonte: <https://www.exoplanetkyoto.org>

Na figura 3.7, temos a comparação da Terra com o exoplaneta Kepler-1544-b. Embora as super Terras não necessariamente apresentem semelhanças com a Terra, Kepler-1544-b chama atenção, afinal é um dos exoplanetas potencialmente habitáveis. Seu raio é aproximadamente 1.8 vezes o raio da Terra e sua massa é quase o quádruplo da massa terrestre. Seu período orbital é de 168 dias e encontra a uma distância de 0,54 UA de sua estrela-mãe, este dado é particularmente importante uma vez que a taxa de radiação que o planeta recebe de sua estrela é da mesma ordem de grandeza que a radiação que a Terra recebe do Sol. Tecnicamente, Kepler-1544-b é um planeta gasoso. Mas, a comunidade científica espera que estudos futuros possam comprovar a existência de um núcleo rochoso neste exoplaneta.

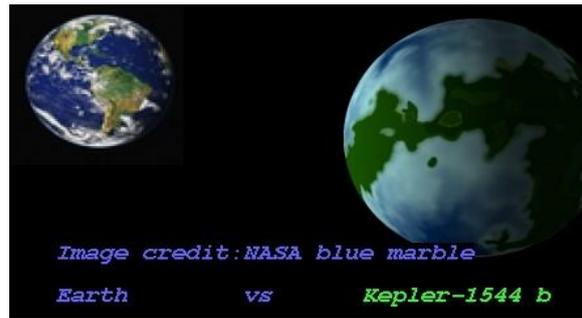


Figura 3.7: Comparação entre a Terra e o exoplaneta Kepler-1544-b.

Fonte: <https://www.exoplanetkyoto.org>



Figura 3.8:

Comparação entre a Terra e o exoplaneta Kepler-1416-b.

Fonte: <https://www.exoplanetkyoto.org>

Diferentemente de Kepler-1544-b, o exoplaneta Kepler-1416-b é rochoso. De fato, um planeta tipo Terra, embora seu diâmetro seja menor que a Terra, Kepler-1416-b não apresentou atmosfera. Os dados mostraram que provavelmente o fato de Kepler-1416-b estar bem mais próximo de sua estrela-mãe do que a Terra está do Sol, certamente acelerou o processo de desgaste de sua atmosfera. Ventos estelares e ejeção de massa coronal, entre outras atividades de sua estrela-mãe devem ter varrido a atmosfera de Kepler-1416-b. Neste ponto, McIntyre (2019) e colaboradores defendem a tese que o fraco dipolo magnético de Kepler-1416-b facilitou a perda de massa atmosférica e mais, de permanência de água em estado líquido. Isto é perfeitamente aceito, se observarmos o planeta

Terra, ele não tem sua atmosfera varrida pelo Sol, graças ao campo magnético terrestre.

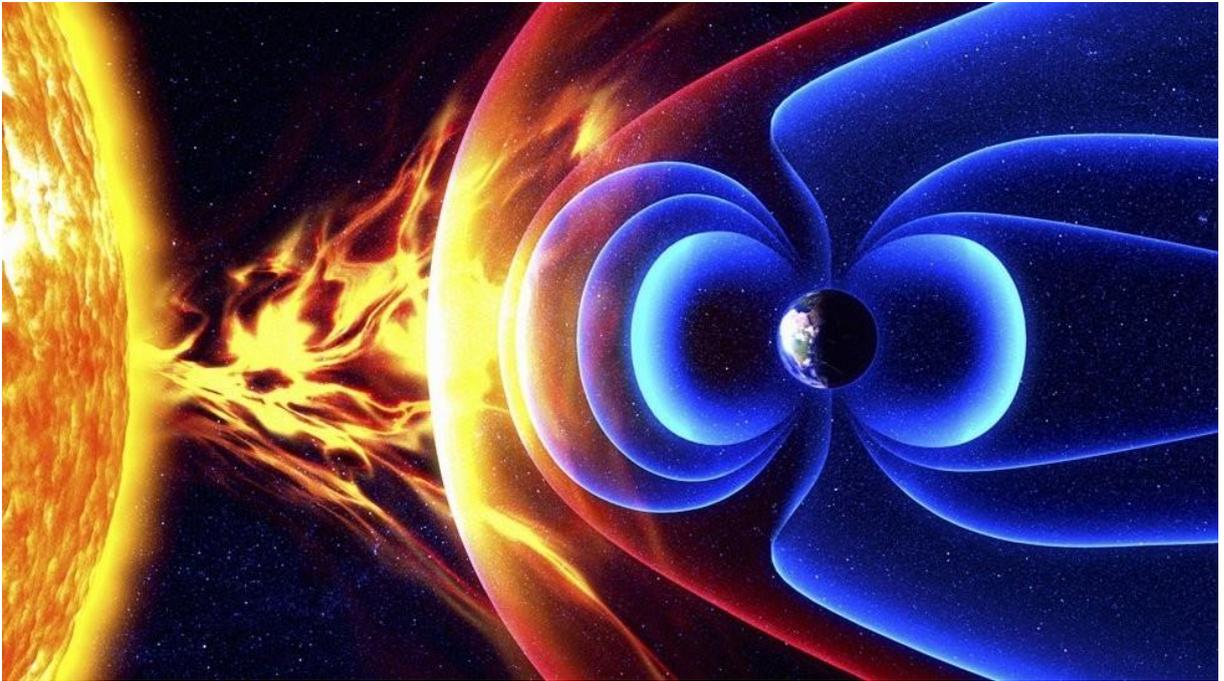


Figura 3.9: Campo magnético da terrestre protege a atmosfera da Terra.

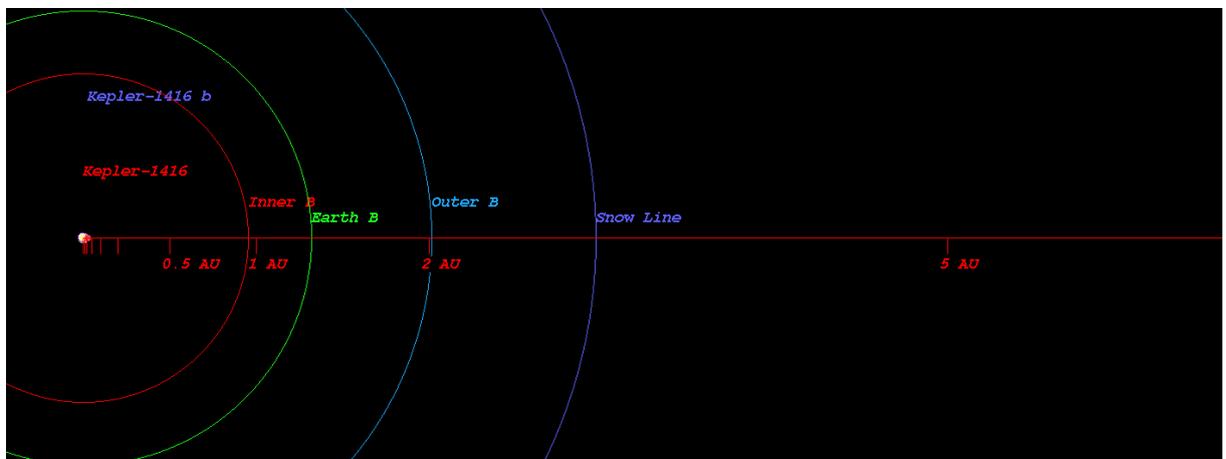


Figura 3.10: Sistema planetário Kepler-1416.

Fonte: <https://www.exoplanetkyoto.org>

*De acordo com a seleção, **7 (sete) sistemas possuem 2 exoplanetas**, pertencentes a subclasse Super Terra, e tipo Netuno: Kepler-110, Kepler-283, Kepler-173 e Kepler 252. Sistemas que possuem dois exoplanetas do mesmo tipo,*

pertencentes a Subclasse Super Terra, são: Kepler-1649 e Kepler-804 e por fim temos 1 sistema que possui planetas Tipo Terra e planetas da Subclasse Super Terra: Kepler-524.

*A seleção apresenta ainda **3 (três) sistemas que possuem em sua órbita 3 exoplanetas**, cada sistema é formado por planetas que pertencem ao mesmo tipo, ou mesma subclasse, ou ainda diferentes classes. O sistema Kepler- 226 possui apenas planetas da subclasse super Terra. Exoplanetas do sistema Kepler-58, possui apenas planetas do tipo Netuno, enquanto que o sistema Kepler-18 apresenta tanto exoplanetas do tipo Netuno quanto exoplanetas da subclasse super Terra.*

*Apenas **1 (um) sistema apresenta 4 (quatro) planetas**, Kepler-342, apresentando uma maior diversidade de planetas, sendo dois do tipo Netuno, um pertencente à subclasse super Terra e um planeta tipo Terra.*

Segundo Pilling (2008) planetas tipo Terra podem estar na Zona de Habitabilidade Planetária, devido ao fato de serem rochosos e, conseqüentemente apresentarem um campo gravitacional suficiente para manter uma espessa atmosfera e assim, apresentarem a possibilidade de ter água no estado líquido. Diante da observação descrita por Pilling destacam-se dentre os tipos de exoplanetas presentes nos referidos sistemas, os planetas tipo Terra, presentes no sistema Kepler-1173, o exoplaneta Kepler-1173-b, o exoplaneta Kepler-342-e presente no sistema Kepler-342, além dos exoplanetas Kepler-524-c e Kepler-1416-b presentes nos sistemas de Kepler-524 e Kepler-1416, respectivamente. Estes possuem características peculiares que são de grande interesse para a Astrobiologia. Mediante pesquisas que estão sendo realizadas espera-se que sejam encontrados muito mais exoplanetas semelhantes a Terra, diante da imensidão do

Universo é pouco improvável não encontrar outros mundos parecidos com o nosso planeta.

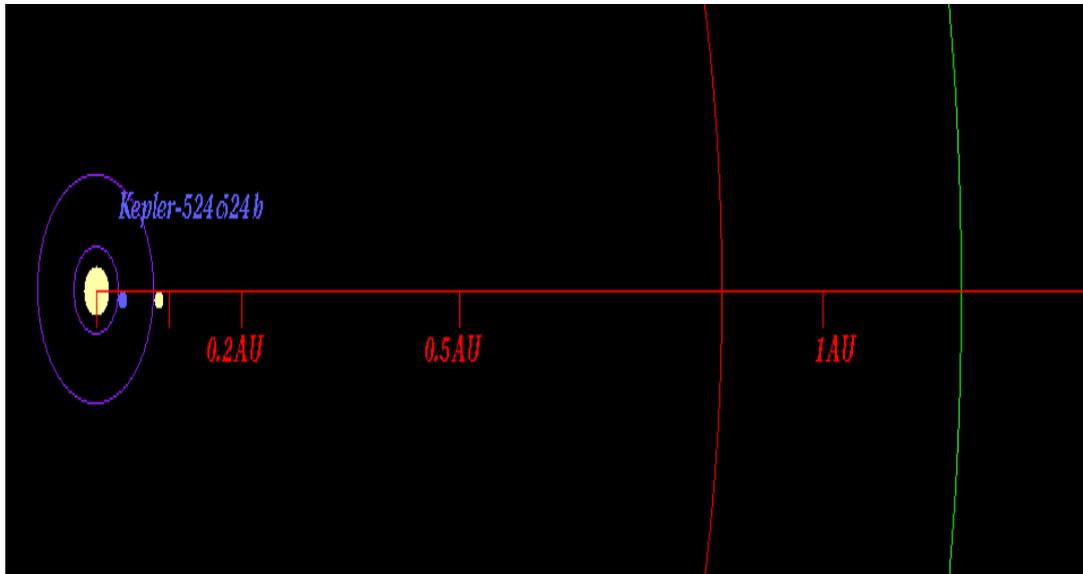


Figura 3.11: Sistema planetário Kepler-524, composto por dois exoplanetas.

Fonte: <https://www.exoplanetkyoto.org>

Finalizamos este tópico falando da extremófilos e bioassinaturas, ambos conceitos foram abordados nos capítulos iniciais deste trabalho. A busca por bioassinaturas é o principal fator para a busca de gases que são essenciais para o desenvolvimento da vida. Uma vez que o exoplaneta está na zona habitável, por exemplo, Kepler-1173-b, é inevitável pensar que esse exoplaneta possui em sua composição química elementos como oxigênio, metano entre outros. A presença de destes gases favorece as atividades dos extremófilos. Haja vista que estes microrganismos utilizam daqueles componentes para realizarem o metabolismo celular, assim como o óxido nitroso e o clorometano.

Saber em qual tempo do estágio evolutivo do nosso planeta Terra houve o surgimento da vida ainda é incerto, porém, o certo é que aproximadamente 3,6 bilhões de anos ocorreram grandes mudanças em nosso planeta. Sendo assim,

dependendo do tempo de evolução exato do planeta Kepler-1173-b, pode ser que se encontre extremófilos primitivos naquele exoplaneta. A confirmação ainda não é possível devido às limitações tecnológicas.

Raciocínio semelhante vale para os exoplanetas tipo Netuno, os quais são planetas gigantes gasosos muito distantes da estrela-mãe, são extremamente frios e podem abrigar extremófilos que vivem na ausência de luz.

Nesta amostra de exoplanetas na região proximal de Cygnus além de notarmos a riqueza de exoplanetas tipo Terra, super Terra e tipo Netuno, percebemos ainda que todas estas três categorias de exoplanetas possuem características favoráveis para o surgimento e evolução de extremófilos.

4. Sistemas Multiplanetários

Até aqui, foi visto que Sistema planetário é um conjunto de objetos celestes não estelares que orbitam uma estrela (Galante, 2016). O Sistema Solar é um exemplo de sistema planetário, no qual há objetos celestes não estelares que estão ligados gravitacionalmente ao Sol – única estrela de nosso sistema. Uma característica do Sistema Solar é a presença de oito (08) planetas principais. Quando um sistema possui mais de um planeta, denominamo-lo Sistema Multiplanetário.

À medida que os recursos tecnológicos foram avançando, a Astrobiologia ficou em condições privilegiadas para investigar a existência de outros sistemas multiplanetários. Em 2018, eu ingressei como voluntária em um projeto extensionista da Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Como voluntária da PROEX – Pró-reitoria de Extensão e Assuntos Acadêmicos - eu desenvolvi o projeto intitulado “Astrobiologia no Ensino Médio” com a temática “Catalogando Sistemas Multiplanetários” no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Astronomia (NEPA/UEA). Essa experiência me fez decidir ir para a IC em Astrobiologia.

Entre 2016-2018, o Telescópio Espacial Kepler (ou sonda espacial, como preferir) forneceu-nos uma série de informações a respeito de objetos celestes que estão fora do Sistema Solar. À medida que tais objetos estavam sendo identificados, foram surgindo novos nomes, assim, fez-se necessária a padronização de termos técnicos e jargões usados em Astrobiologia. Ainda em 2018, o NEPA recebeu novos dados sobre a missão K2 - os quais tratavam de sistemas multiplanetários. Sendo assim, iniciemos falando do maior sistema multiplanetário que conhecemos até o momento, o Sistema Solar.

4.1 O Sistema Solar

O Sistema Solar, é um exemplo de sistema multiplanetários, está situado na Via láctea. O Sol é a única estrela deste sistema e corresponde 99,8% da massa total do Sistema Solar, possui um diâmetro de 1,4 milhões de km, em sua órbita encontram-se 8 planetas, sendo 4 terrosos e outros 4 gasosos (Zepeda, 2015).

A composição atmosférica dos planetas do Sistema Solar depende do tipo de formação planetária e da massa que o compõe, e é formada de acordo com o tempo geológico de evolução planetária ou durante a formação do Sistema Solar, chamadas de atmosferas primária. As atmosferas de Mercúrio e Marte são semelhantes, ambas apresentam em sua composição o dióxido de carbono, com pequenas quantidades de argônio, e oxigênio, sendo resultante de uma formação geológica (PILLING,2018).

Segundo Pilling, os planetas com composição química mais leves em sua atmosfera como os planetas Jovianos, compostos principalmente por hidrogênio e hélio possuem formação primária, ou seja, foram formados no momento que o Sistema Solar estava em formação. Inclusive, é em cima desta argumentação que a melhor teoria de formação para o Sistema Solar sustenta a tese que Júpiter foi o primeiro planeta a ser formado, além do fato que a presença dos planetas gigantes gasosos e gigantes gelados inibiu o crescimento dos planetas rochosos. Podemos notar que há uma lacuna entre Marte e Júpiter, levantando a suspeita que no Sistema Solar primitivo, teríamos outros planetas naquela faixa. E com a evolução do nosso sistema, tais planetas foram literalmente esmagados e formados o cinturão de asteroides que atualmente divide os planetas rochosos dos gasosos.

Conhecer o comportamento da atmosfera planetária é determinante para que se entenda as condições de habitabilidade no planeta (Barra, 2020). Hoje, na zona de habitabilidade clássica temos o planeta Terra (no extremo inferior) e Marte (no extremo superior).

4.2 Classificação de Sistemas Estelares

O termo sistemas estelares também é usado para se designar grupos de estrelas que estão ligadas gravitacionalmente entre si. As estrelas se agrupam variando em quantidade, geralmente são duas ou três estrelas que orbitam umas às outras. Quando são duas estrelas, o sistema é chamado binário; e quando são três estrelas, diz-se sistema ternário. No sistema binário, as duas estrelas giram em torno de um centro de massa, cita-se como um exemplo, o sistema estelar Cygni-61. Muitos textos em Astronomia tratam sistemas estelares binários como estrelas duplas. Há uma diferença entre estas nomenclaturas, todo sistema binário é um sistema duplo, mas nem todo sistema duplo é binário.

Existem sistemas binários aparente, ou seja, tal sistema aparenta característica dupla, com estrelas muito próximas uma à outra. Porém, as estrelas estão separadas por uma distância considerável em unidades astronômicas uma da outra quando vistas por um observador na Terra. E há também os sistemas binários reais, que são estrelas que quando observadas se encontram próximas a outra e encontram-se na mesma distância em unidades astronômicas quando observadas da Terra.

Júnior (2010) classifica os sistemas binários podem ser classificados de acordo com as características físicas e observacionais em três tipos, a saber:

- *Binárias visuais: estrelas que quando observadas do telescópio aparentam duas estrelas próximas, mas quando separadas se encontram a centenas de unidades astronômicas. Um exemplo é Mizar e Alcor, antes, acreditávamos que se tratava de um sistema binário. Porém, Mizar é composto por dois sistemas de estrelas binárias e Alcor é um terceiro sistema de estrelas binárias.*
- *Binárias astrométricas: ocorre quando não é possível a identificação de uma das estrelas por meio de telescópio, por apresentar magnitude inferior em relação a outra estrela que orbita. Cita-se como exemplo, Sirius.*
- *Binárias espectroscópicas: estrelas que apresentam período de trânsito curto e velocidade orbital grande, são analisadas através da velocidade radial por meio de linhas espectrais. Cita-se como exemplo o sistema binário Mizar B.*

Até aqui notamos que há sistemas estelares são compostos majoritariamente por mais de uma estrela. Dizemos majoritariamente, pois, o Sistema Solar é o único composto por uma única estrela. Em geral, as estrelas nascem aos pares, razão pela qual os demais sistemas estelares ou são binários ou são múltiplos.

Agora, vamos focar nos planetas. Neste caso, acontece o contrário, a maioria dos sistemas planetários é composto por um planeta. Há sistemas multiplanetários, entretanto, a maioria possui 2 ou 3 planetas.

Através de técnicas de detecção foi possível comprovar existência de mais de 774 sistemas planetários fora do Sistema Solar. Segundo Curiel & Ramirez (2011),

o Sistema Upsilon Andromedae é um sistema planetário parecido com o Sistema Solar, tendo um planeta gasoso semelhante ao planeta Júpiter, porém, estão orbitando a sua estrela hospedeira apenas 4 exoplanetas. Outro sistema que chama a atenção é TRAPPIST-1, no qual Vargas (2017) destaca sete (07) planetas, sendo três deles na zona habitável.

<i>Sistemas Estelares</i>			
<i>Kepler-11</i>	<i>Kepler-102</i>	<i>Kepler-444</i>	<i>HD40307</i>
<i>Kepler-20</i>	<i>Kepler-150</i>	<i>K2-93</i>	<i>HD75732</i>
<i>Kepler-33</i>	<i>Kepler-154</i>	<i>K2-112</i>	<i>HD108236</i>
<i>Kepler-55</i>	<i>Kepler-169</i>	<i>K2-138</i>	<i>HD158259</i>
<i>Kepler-62</i>	<i>Kepler-186</i>	<i>K2-268</i>	<i>HD191939</i>
<i>Kepler-80</i>	<i>Kepler-238</i>	<i>GJ 163</i>	<i>HD219134</i>
<i>Kepler-84</i>	<i>Kepler-292</i>	<i>HD10180</i>	<i>Solar</i>
<i>Kepler-90</i>	<i>Kepler-296</i>	<i>HD34445</i>	<i>WT 2353</i>

Tabela 4.1 – Sistemas Estelares abordados neste trabalho.

Estudamos os sistemas estelares listados na tabela 4.1. O primeiro passo foi a identificação de cada um deles. Ao todo, são 32 sistemas estelares cujas coordenadas AR e DEC encontram-se na tabela 4.2.

<i>ID</i>	<i>Sistema Estelar</i>	α	δ	<i>ID</i>	<i>Sistema Estelar</i>	α	δ
01	<i>Kepler-11</i>	+297,1151°	+41.9091°	17	<i>Kepler-444</i>	+289,7523°	+41.6346°
02	<i>Kepler-20</i>	+287,6980°	+42.3387°	18	<i>K2-93</i>	+126,6160°	+10.0804°
03	<i>Kepler-33</i>	+289,0775°	+46.0052°	19	<i>K2-112</i>	+346,6224°	-05.0414°
04	<i>Kepler-55</i>	+285,1684°	+44.0265°	20	<i>K2-138</i>	+348,9490°	-10.8497°
05	<i>Kepler-62</i>	+283,2127°	+45.3498°	21	<i>K2-268</i>	+133,7095°	+11.8483°
06	<i>Kepler-80</i>	+296,1126°	+39.9788°	22	<i>GJ 163</i>	+62,3153°	-53.3737°
07	<i>Kepler-84</i>	+298,2520°	+40.4961°	23	<i>HD10180</i>	+24,4733°	-60.5115°
08	<i>Kepler-90</i>	+284,4335°	+49.3051°	24	<i>HD34445</i>	+79,4208°	+07.3533°
09	<i>Kepler-102</i>	+281,4828°	+47.2080°	25	<i>HD40307</i>	+88,5177°	-60.0235°
10	<i>Kepler-150</i>	+288,2341°	+40.5209°	26	<i>HD 75732</i>	+133,1492°	+28.3308°
11	<i>Kepler-154</i>	+289,7805°	+49.8965°	27	<i>HD108236</i>	+186,5745°	-51.3628°
12	<i>Kepler-169</i>	+285,9999°	+40.9194°	28	<i>HD158259</i>	+261,3503°	+52.7907°
13	<i>Kepler-186</i>	+298,6527°	+43.9550°	29	<i>HD191939</i>	+302,0240°	+66.8506°

14	Kepler-238	+287,8971°	+40.6378°	30	HD219134	+348,3208°	+57.1684°
15	Kepler-292	+295,7662°	+42.4243°	31	Solar	+18,5707°	+07.8603°
16	Kepler-296	+286,5400°	+49.4373°	32	WT 2353	+07,3013°	-30.4537°

Tabela 4.2 Coordenadas dos Sistemas Estelares.

ID	Sistema Estelar	T_{eff}	Tipo Espectral	M_{\odot}
01	Kepler-11	5.836 K	G6 V	1,042
02	Kepler-20	5.466 K	G8 V	0,95
03	Kepler-33	5.849 K	G1	1,3
04	Kepler-55	4.503 K	K4 V	0,62
05	Kepler-62	4.925 K	K2 V	0,69
06	Kepler-80	4.540 K	K5 V	0,73
07	Kepler-84	5.755 K	G0 V	1,022
08	Kepler-90	6.080 K	G1 V	1,13
09	Kepler-102	4.903 K	K2 V	0,81
10	Kepler-150	5.560 K	G6 V	0,97
11	Kepler-154	5.690 K	G4 V	0,89
12	Kepler-169	4.997 K	K2 V	0,86
13	Kepler-186	3.755 K	M1 V	0,54
14	Kepler-238	5.751 K	G3 V	1,43
15	Kepler-292	5.299 K	K0 V	0,88
16	Kepler-296	3.740 K	K7 V+ M1 V	0,498+0,326
17	Kepler-444	5.046 K	K0 V	0,754 +0,29+0,25
18	K2-93	6.251 K	F8	1,15
19	K2-112	2.566 K	M8 V	0,0898
20	K2-138	5.378 K	K1 V	0,93
21	K2-268	5.680 K	K1 V	0,84
22	GJ 163	3.460 K	M3.5 V	0,405
23	HD10180	5.911 K	G1 V	1,062
24	HD34445	5.836 K	G0 V	1,07
25	HD40307	4.977 K	K2.5 V	0,75
26	HD 75732	3.233 K	K0IV-V+M4.5 V	0,905+0,255

27	HD108236	5.660 K	G5 V	0,869
28	HD158259	6.050 K	G0 V	1,08
29	HD191939	5.427 K	G8 V	0,92
30	HD219134	4.699 K	K3 V	0,81
31	Sol	5.772 K	G2 V	1,0
32	WT 2353	4.316 K	K7 V	0,65

Tabela 4.3 – Temperatura Efetiva das Estrelas-mães.

Teff (K)	Recent Venus	Runaway Greenhouse	Maximum Greenhouse	Early Mars	5ME Runaway Greenhouse	0.1ME Runaway Greenhouse
2.60000E+03	1.46453E+00	9.12899E-01	2.22762E-01	2.00215E-01	9.80201E-01	8.10887E-01
2.80000E+03	1.47267E+00	9.17952E-01	2.27848E-01	2.04790E-01	9.85533E-01	8.15616E-01
3.00000E+03	1.47915E+00	9.21975E-01	2.32979E-01	2.09405E-01	9.89753E-01	8.19466E-01
3.20000E+03	1.48505E+00	9.25635E-01	2.38310E-01	2.14199E-01	9.93586E-01	8.23028E-01
3.40000E+03	1.49131E+00	9.29527E-01	2.43974E-01	2.19292E-01	9.97671E-01	8.26828E-01
3.60000E+03	1.49878E+00	9.34173E-01	2.50082E-01	2.24785E-01	1.00257E+00	8.31325E-01
3.80000E+03	1.50817E+00	9.40018E-01	2.56727E-01	2.30759E-01	1.00877E+00	8.36914E-01
4.00000E+03	1.52008E+00	9.47435E-01	2.63975E-01	2.37277E-01	1.01667E+00	8.43922E-01
4.20000E+03	1.53498E+00	9.56722E-01	2.71877E-01	2.44380E-01	1.02658E+00	8.52611E-01
4.40000E+03	1.55324E+00	9.68104E-01	2.80457E-01	2.52093E-01	1.03876E+00	8.63178E-01
4.60000E+03	1.57510E+00	9.81730E-01	2.89720E-01	2.60421E-01	1.05337E+00	8.75754E-01
4.80000E+03	1.60068E+00	9.97677E-01	2.99651E-01	2.69348E-01	1.07048E+00	8.90404E-01
5.00000E+03	1.62998E+00	1.01594E+00	3.10211E-01	2.78840E-01	1.09010E+00	9.07126E-01
5.20000E+03	1.66288E+00	1.03646E+00	3.21340E-01	2.88845E-01	1.11214E+00	9.25855E-01
5.40000E+03	1.69916E+00	1.05908E+00	3.32959E-01	2.99289E-01	1.13646E+00	9.46457E-01
5.60000E+03	1.73845E+00	1.08358E+00	3.44965E-01	3.10081E-01	1.16281E+00	9.68734E-01
5.80000E+03	1.78028E+00	1.10967E+00	3.57235E-01	3.21110E-01	1.19087E+00	9.92424E-01
6.00000E+03	1.82407E+00	1.13698E+00	3.69623E-01	3.32245E-01	1.22025E+00	1.01719E+00
6.20000E+03	1.86910E+00	1.16506E+00	3.81963E-01	3.43338E-01	1.25047E+00	1.04265E+00
6.40000E+03	1.91454E+00	1.19339E+00	3.94068E-01	3.54219E-01	1.28096E+00	1.06833E+00
6.60000E+03	1.95944E+00	1.22139E+00	4.05729E-01	3.64700E-01	1.31110E+00	1.09371E+00
6.80000E+03	2.00274E+00	1.24840E+00	4.16714E-01	3.74575E-01	1.34015E+00	1.11820E+00
7.00000E+03	2.04325E+00	1.27366E+00	4.26771E-01	3.83616E-01	1.36733E+00	1.14113E+00
7.20000E+03	2.07966E+00	1.29636E+00	4.35629E-01	3.91578E-01	1.39175E+00	1.16178E+00

Tabela 4.4 Dados gerados nos cálculos da Zona de Habitabilidade.

Nem todas as estrelas-mães tinham todos os parâmetros determinados, por isso, a tabela 4.3 foi preenchida, discriminando a temperatura e massa de cada uma das estrelas e seu tipo espectral. Estes dados são importantes, pois, com eles calculamos a zona de habitabilidade para cada sistema estelar, conforme mostrado na tabela 4.4. Para obtermos os dados mostrados na tabela 4.4, seguimos a rotina apresentada em Kopparapu(2014). O cálculo para a massa, seguiu o tipo espectral, logo, esses valores não necessariamente irão reproduzir os dados de outros autores, pois, são estimativas

que fizemos, a margem de erro está dentro do esperado. Também na tabela 4.4 temos na primeira coluna, a temperatura efetiva da estrela-mãe; na segunda coluna a distância para Vênus recente, i.e., exoplanetas tipo Vênus e nas colunas três e quatro os limites inferiores e superiores para a ZH planetária baixa (quando o exoplaneta está na ZH, porém, perto de sua estrela-mãe); na coluna cinco temos Marte recente e nas colunas seis e sete estão os limites inferiores e superiores para a ZH planetária alta (quando o exoplaneta está na ZH, porém, não tão perto de sua estrela-mãe e não tão afastado a tal ponto que não seja considerado um exoplaneta frio).

Utilizamos dois métodos para encontrar exoplanetas, a saber:

a) *velocidade radial das estrelas-mães*: aqui o foco é analisar as curvas de velocidade radial das estrelas-mães. Com esta informação, podemos ver a oscilação induzida na estrela-mãe devido à interação gravitacional dos seus planetas.

b) *trânsito planetário*: o foco aqui é analisar a curva de luz dos exoplanetas em trânsito. Essa informação nos permitirá saber o quanto o brilho da estrela-mãe diminuiu quando o exoplaneta que a orbita passa em frente da mesma, na nossa linha de visada.

O primeiro passo para encontrar a massa de um exoplaneta é a determinação da massa da estrela hospedeira. A tabela 4.3 inclui estimativas da massa da estrela-mãe com base no seu tipo espectral.

Para cada estágio evolutivo associou-se uma dada massa **m**. Essa informação é coletada da curva de velocidade radial para uma dada estrela-mãe. Mais detalhes sobre curvas de velocidade radial encontram-se no capítulo 2, não sendo o foco deste capítulo. Os dados são mostrados na tabela 4.5.

Estrela Mãe	T_{eff} [K]	Estágio Evolutivo	m [M_{\odot}]	Estrela Mãe	T_{eff} [K]	Estágio Evolutivo	m [M_{\odot}]
Kepler-11	5.836	G6	1,042	Kepler-444	5.046	K0	0,754 +0,29+0,25
Kepler-20	5.466	G8	0,95	K2-93	6.251	F8	1,15
Kepler-33	5.849	G1	1,3	K2-112	2.566	M8	0,0898
Kepler-55	4.503	K4	0,62	K2-138	5.378	K1	0,93
Kepler-62	4.925	K2	0,69	K2-268	5.680	K1	0,84
Kepler-80	4.540	K5	0,73	GJ 163	3.460	M3.5	0,405
Kepler-84	5.755	G0	1,022	HD10180	5.911	G1	1,062
Kepler-90	6.080	G1	1,13	HD34445	5.836	G0	1,07
Kepler-102	4.903	K2	0,81	HD40307	4.977	K2.5	0,75
Kepler-150	5.560	G6	0,97	HD 75732	3.233	K0+M4.5	0,905+0,255
Kepler-154	5.690	G4	0,89	HD108236	5.660	G5	0,869
Kepler-169	4.997	K2	0,86	HD158259	6.050	G0	1,08
Kepler-186	3.755	M1	0,54	HD191939	5.427	G8	0,92
Kepler-238	5.751	G3	1,43	HD219134	4.699	K3	0,81
Kepler-292	5.299	K0	0,88	Sol	5.772	G2	1,0
Kepler-296	3.740	K7 + M1	0,498+0,326	WT 2353	4.316	K7	0,65

Tabela 4.5 – Estágio evolutivo x massa estelar.

Na tabela 4.5 estão distribuídas todas as estrelas-mães e representadas sua temperatura efetiva, dada na escala absoluta (Kelvin), a massa estelar é dada como função da massa solar [M_{\odot}], e também encontramos o estágio evolutivo de cada estrela.

Alguns sistemas são duplos (quando formados por duas estrelas) e outros são triplos (quando formados por três estrelas). Mais uma vez chamamos a atenção para o fato que todos os sistemas contidos na tabela 4.5 são multiplanetários, i.e., como mostraremos na tabela 4.8 – todos aqueles sistemas possuem mais de um planeta.

A partir dos dados da tabela 4.5, foram calculadas a distância dessas estrelas até a Terra (dada em parsec -pc), os dados são mostrados na tabela 4.6. Também na mesma tabela encontramos o raio de cada estrela, este por sua vez é dado em função do raio do solar R_{\odot} .

Estrela Mãe	R_{\odot}	$d(pc)$	Estrela Mãe	R_{\odot}	$d(pc)$
Kepler-11	1,06	658,59	Kepler-444	0,75+0,29+0,25	35,68
Kepler-20	0,96	284,88	K2-93	1,25	106,6
Kepler-33	1,82	1252,84	K2-112	0,1192	12,43
Kepler-55	0,62	588,47	K2-138	0,86	183,00
Kepler-62	0,64	368,00	K2-268	0,78	331,46
Kepler-80	0,68	357,00	GJ 163	0,41	49,36
Kepler-84	1,17	1.443,27	HD10180	1,20	39
Kepler-90	1,2	869,49	HD34445	1,38	46,15
Kepler-102	0,76	103,95	HD40307	0,72	12,93
Kepler-150	0,94	914,4	HD 75732	0,943+0,285	12,59+12,56
Kepler-154	1	939,85	HD108236	0,88	64,57
Kepler-169	0,76	411,34	HD158259	1,21	27,08
Kepler-186	0,52	172,00	HD191939	0,95	53,69
Kepler-238	1,43	1.897,73	HD219134	0,78	6,54
Kepler-292	0,83	1.087,23	Sol	1	$1,6 \times 10^5$
Kepler-296	0,48+0,322	226,00	WT 2353	0,65	62,8

Tabela 4.6 – Distância de cada sistema estelar até a Terra (em parsecs).

Em uma primeira aproximação, as estrelas podem ser consideradas isotrópicas. Sendo assim, podemos caracterizá-las através da quantidade de energia luminosa - por unidade de tempo - emitida pelas estrelas. Aqui, é mister a introdução de dois conceitos intrínsecos das estrelas, a saber: a luminosidade (L) e o fluxo (F).

A luminosidade é dada pela Lei de Stefan-Boltzmann:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_{ef}^4 \quad (Eq. 4.1)$$

onde R é o raio da estrela (dado em R_{\odot}), σ é a constante de Stefan-Boltzmann e vale $5,67 \times 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\text{K}^{-4}$, e T_{ef} é a temperatura efetiva da estrela.

Usando os dados das tabelas (4.4) e (3.5) podemos escrever as seguintes luminosidades e fluxos, dados na tabela (4.7). A luminosidade é escrita em termos da luminosidade solar L_{\odot} , através deste valor sabemos que tipo de estrela estamos lidando, ou seja se $10^{-2} L_{\odot} < L < 10^6 L_{\odot}$, então, estamos lidando com estrelas da sequência principal; se $10^2 L_{\odot} < L < 10^6 L_{\odot}$, então, estamos lidando

com estrelas gigantes; se $10^{-5} L_{\odot} < L < 10^6 L_{\odot}$, então, estamos lidando com supergigantes. Essa informação é útil, afinal irá influenciar diretamente a ZH.

<i>Estrela Mãe</i>	L_{\odot}	F	<i>Estrela Mãe</i>	L_{\odot}	F
<i>Kepler-11</i>	1,18	658,59	<i>Kepler-444</i>	0,33	35,68
<i>Kepler-20</i>	0,75	284,88	<i>K2-93</i>	2,17	106,6
<i>Kepler-33</i>	3,52	1252,84	<i>K2-112</i>	0,0006	12,43
<i>Kepler-55</i>	0,14	588,47	<i>K2-138</i>	0,56	183,00
<i>Kepler-62</i>	0,22	368,00	<i>K2-268</i>	0,58	331,46
<i>Kepler-80</i>	0,18	357,00	<i>GJ 163</i>	0,02	49,36
<i>Kepler-84</i>	1,36	1.443,27	<i>HD10180</i>	1,6	39
<i>Kepler-90</i>	1,79	869,49	<i>HD34445</i>	2,01	46,15
<i>Kepler-102</i>	0,30	103,95	<i>HD40307</i>	0,29	12,93
<i>Kepler-150</i>	0,77	914,4	<i>HD 75732</i>	0,09	12,59+12,56
<i>Kepler-154</i>	0,95	939,85	<i>HD108236</i>	0,72	64,57
<i>Kepler-169</i>	0,33	411,34	<i>HD158259</i>	1,78	27,08
<i>Kepler-186</i>	0,05	172,00	<i>HD191939</i>	0,71	53,69
<i>Kepler-238</i>	2,03	1.897,73	<i>HD219134</i>	0,27	6,54
<i>Kepler-292</i>	0,49	1.087,23	<i>Sol</i>	1,01	1,6 x10 ⁻⁵
<i>Kepler-296</i>	0,04	226,00	<i>WT 2353</i>	0,13	62,8

Tabela 4.7 – Luminosidade e fluxo das estrelas-mães.

Utilizamos as equações 2.5, 2.6 e 2.7 para encontrarmos a distância do exoplaneta até sua estrela-mãe, a massa planetária e sua temperatura, respectivamente. Na tabela 4.8 estão os cálculos que nós realizamos. Na primeira coluna está o nome do exoplaneta – este sempre terá o nome da estrela-mãe, acrescido de uma letra que inicia-se em “b”. A massa planetária será dada em função da massa da Terra M_T e em função da massa de Júpiter M_J , a massa utilizada dependerá de cada caso, por exemplo: planetas análogos à Terra, super Terras, sub Terras terão suas massas escritas em função de M_T ; planetas gigantes gasosos, Júpiteres frios, quentes, superquentes, sub Netuno, Netunos frios, quente e superquente terão suas massas escritas em função de M_J .

<i>Exoplaneta</i>	<i>Massa</i>	<i>D (UA)</i>	<i>T (K)</i>	<i>Exoplaneta</i>	<i>Massa</i>	<i>D(UA)</i>	<i>T (K)</i>
<i>Kepler-11-b</i>	$1.9 M_T$	0.1	900	<i>Kepler-11-e</i>	$8.4 M_T$	0.20	617
<i>Kepler-11-c</i>	$2.9 M_T$	0.11	833	<i>Kepler-11-f</i>	$2.3 M_T$	0.25	544
<i>Kepler-11-d</i>	$7.3 M_T$	0.16	692	<i>Kepler-11-g</i>	$25 M_T$	0.47	400
<i>Kepler-20-b</i>	$8.7 M_T$	0.0460	1014	<i>Kepler-20-f</i>	$14 M_T$	0.14	705
<i>Kepler-20-e</i>	$2.9 M_T$	0.07	1040	<i>Kepler-20-d</i>	$10 M_T$	0.34	365
<i>Kepler-20-c</i>	$12 M_T$	0.10	772	<i>Kepler-20-g</i>	$20 M_T$	0.20	523
<i>Kepler-33-b</i>	$3.6 M_T$	0.07	1300	<i>Kepler-33-e</i>	$5.5 M_T$	0.2	750
<i>Kepler-33-c</i>	$0.37 M_T$	0.12	1040	<i>Kepler-33-f</i>	$9.5 M_T$	0.25	700
<i>Kepler-33-d</i>	$3.8 M_T$	0.17	850				
<i>Kepler-55-b</i>	$0.14 M_J$	0.16	440	<i>Kepler-55-e</i>	$3 M_T$	0.05	750
<i>Kepler-55-c</i>	$0.2 M_J$	0.21	370	<i>Kepler-55-f</i>	$3.2 M_T$	0.09	600
<i>Kepler-55-d</i>	$3.2 M_T$	0.03	1000				
<i>Kepler-62-b</i>	$9 M_T$	0.06	800	<i>Kepler-62-e</i>	$36 M_T$	0.43	280
<i>Kepler-62-c</i>	$4 M_T$	0.1	620	<i>Kepler-62-f</i>	$35 M_T$	0.7	220
<i>Kepler-62-d</i>	$14 M_T$	0.10	530				
<i>Kepler-80-b</i>	$6.9 M_T$	0.07	708	<i>Kepler-80-e</i>	$4 M_T$	0.05	800
<i>Kepler-80-c</i>	$6.6 M_T$	0.08	620	<i>Kepler-80-f</i>	$1.9 M_T$	0.02	1350
<i>Kepler-80-d</i>	$6.7 M_T$	0.04	930	<i>Kepler-80-g</i>	$1.5 M_T$	0.10	460
<i>Kepler-84-b</i>	$40 M_T$	0.08	1040	<i>Kepler-84-e</i>	$7.2 M_T$	0.2	709
<i>Kepler-84-c</i>	$20 M_T$	0.11	910	<i>Kepler-84-f</i>	$5.4 M_T$	0.3	600
<i>Kepler-84-d</i>	$40 M_T$	0.10	1300				
<i>Kepler-90-b</i>	$2.23 M_T$	0.07	1100	<i>Kepler-90-f</i>	$8.6 M_T$	0.5	440
<i>Kepler-90-c</i>	$1.79 M_T$	0.09	1040	<i>Kepler-90-g</i>	$0.78 M_J$	0.7	360
<i>Kepler-90-d</i>	$8.5 M_T$	0.3	540	<i>Kepler-90-h</i>	$1.2 M_J$	1.0	350
<i>Kepler-90-e</i>	$7.5 M_T$	0.4	475	<i>Kepler-90-i</i>	$2.2 M_T$	0.2	680
<i>Kepler-102-b</i>	$4.2 M_T$	0.05	820	<i>Kepler-102-e</i>	$8.9 M_T$	0.12	540
<i>Kepler-102-c</i>	$3 M_T$	0.07	740	<i>Kepler-102-f</i>	$5 M_J$	0.17	470
<i>Kepler-102-d</i>	$3.7 M_T$	0.09	650				
<i>Kepler-150-b</i>	$2 M_T$	0.05	1168	<i>Kepler-150-e</i>	$9.9 M_T$	0.19	550
<i>Kepler-150-c</i>	$13 M_T$	0.07	906	<i>Kepler-150-f</i>	$12.7 M_T$	1.3	218
<i>Kepler-150-d</i>	$8 M_T$	0.11	750				
<i>Kepler-154-b</i>	$5.7 M_T$	0.20	615	<i>Kepler-154-e</i>	$2.9 M_T$	0.05	1260
<i>Kepler-154-c</i>	$9 M_T$	0.3	490	<i>Kepler-154-f</i>	$2.8 M_T$	0.09	920
<i>Kepler-154-d</i>	$14 M_T$	0.13	720				
<i>Kepler-169-b</i>	$1.5 M_T$	0.03	1010	<i>Kepler-169-e</i>	$5.5 M_T$	0.11	620
<i>Kepler-169-c</i>	$1.9 M_T$	0.06	808	<i>Kepler-169-f</i>	$7.1 M_T$	0.34	320
<i>Kepler-169-d</i>	$2 M_T$	0.08	730				
<i>Kepler-186-b</i>	$1.2 M_T$	0.04	667	<i>Kepler-186-e</i>	$2.13 M_T$	0.10	378
<i>Kepler-186-c</i>	$1.92 M_T$	0.05	593	<i>Kepler-186-f</i>	$1.68 M_T$	0.36	193.4
<i>Kepler-186-d</i>	$2.5 M_T$	0.08	454				

<i>Kepler-238-b</i>	3.57 M_T	0.04	1880	<i>Kepler-238-e</i>	0.52 M_J	0.17	814
<i>Kepler-238-c</i>	6.28 M_T	0.07	1315	<i>Kepler-238-f</i>	13.4 M_T	0.27	630
<i>Kepler-238-d</i>	9.61 M_T	0.12	1019				
<i>Kepler-292-b</i>	2.25 M_T	0.030	1198	<i>Kepler-292-e</i>	7.59 M_T	0.10	698
<i>Kepler-292-c</i>	2.8 M_T	0.040	1047	<i>Kepler-292-f</i>	6.1 M_T	0.0139	557
<i>Kepler-292-d</i>	5.5 M_T	0.071	854				
<i>Kepler-296-b</i>	3.2 M_T	0.08	362	<i>Kepler-296-e</i>	2.89 M_T	0.17	245
<i>Kepler-296-c</i>	4.58 M_T	0.05	438	<i>Kepler-296-f</i>	3.78 M_T	0.26	198
<i>Kepler-296-d</i>	5 M_T	0.10	351				
<i>Kepler-444-b</i>	0.04 M_T	0.4159	1030	<i>Kepler-444-e</i>	0.15 M_T	0.07	785
<i>Kepler-444-c</i>	0.08 M_T	0.05	1052	<i>Kepler-444-f</i>	0.28 M_T	0.09	732
<i>Kepler-444-d</i>	0.18 M_T	0.057	859				
<i>K2-93-b</i>	8.6 M_J	0.12	950	<i>K2-93-e</i>	25.8 M_T	0.51	463
<i>K2-93-c</i>	7.1 M_T	0.2	750	<i>K2-93-f</i>	0.22 M_J	0.96	354
<i>K2-93-d</i>	15 M_T	0.59	459				
<i>K2-112-b</i>	1.2 M_T	0.012	400	<i>K2-112-f</i>	1.04 M_T	0.04	210
<i>K2-112-c</i>	1.32 M_T	0.0137	328	<i>K2-112-g</i>	1.32 M_T	0.05	185.3
<i>K2-112-d</i>	0.4 M_T	0.02218	277.6	<i>K2-112-h</i>	0.28 M_T	0.058	155
<i>K2-112-e</i>	0.68 M_T	0.031	238.5				
<i>K2-138-b</i>	3 M_T	0.3278	1250	<i>K2-138-e</i>	13 M_T	0.08	820.1
<i>K2-138-c</i>	6.3 M_T	0.05	1100	<i>K2-138-f</i>	1.59 M_T	0.11	859.3
<i>K2-138-d</i>	7.88 M_T	0.055	950.4	<i>K2-138-g</i>	4.3 M_T	0.05	477.7
<i>K2-268-b</i>	2.84 M_T	0.031	696	<i>K2-268-e</i>	2.28 M_T	0.14	800
<i>K2-268-c</i>	7.65 M_T	0.09	1135	<i>K2-268-f</i>	5.5 M_T	0.25	492
<i>K2-268-d</i>	2.80 M_T	0.04	887				
<i>GJ 163-b</i>	9.8 M_T	0.055	420	<i>GJ 163-e</i>	13.8 M_T	0.57	122.6
<i>GJ 163-c</i>	8.1 M_T	0.120	277.4	<i>GJ 163-f</i>	6.54 M_T	0.312	173.5
<i>GJ 163-d</i>	18.2 M_T	1.3	101.2				
<i>HD10180-c</i>	12.8 M_T	0.061	1109.8	<i>HD10180-f</i>	24 M_T	0.5	385
<i>HD10180-d</i>	11.68 M_T	0.14	777	<i>HD10180-g</i>	21.3 M_T	1.4	225.3
<i>HD10180-e</i>	24.6 M_T	0.3	552	<i>HD10180-h</i>	0.18 M_J	3.4	138.4
<i>HD34445-b</i>	0.78 M_J	2.05	215.6	<i>HD34445-e</i>	16.6 M_T	0.3	618.6
<i>HD34445-c</i>	0.164 M_J	0.68	372.4	<i>HD34445-f</i>	37.6 M_T	1.5	250
<i>HD34445-d</i>	30.5 M_T	0.5	457	<i>HD34445-g</i>	0.41 M_J	6.28	126
<i>HD40307-b</i>	4 M_T	0.05	865	<i>HD40307-f</i>	5.1 M_T	0.3	375
<i>HD40307-c</i>	6.5 M_T	0.08	659	<i>HD40307-g</i>	7 M_T	0.58	240
<i>HD40307-d</i>	9.4 M_T	0.125	500				
<i>HD 75732-b</i>	0.79 M_J	0.12	698	<i>HD 75732-e</i>	7,6 M_T	0.02	1935.4
<i>HD 75732-c</i>	0.16 M_J	0.22	475	<i>HD 75732-f</i>	0.12 M_J	0.78	258.8
<i>HD 75732-d</i>	3.6 M_J	6.1	98.7				
<i>HD108236-b</i>	7 M_T	0.11	1160	<i>HD108236-e</i>	9.69 M_T	0.1257	675

HD108236-c	3.17 M_T	0.05	310	HD108236-f	4.69	0.047	600
HD108236-d	5 M_T	0.07	735				
HD158259-b	2 M_T	0.027	1690	HD158259-e	6.1 M_T	0.075	1112
HD158259-c	5.5 M_T	0.044	1450	HD158259-f	6.12 M_T	0.09	950
HD158259-d	5.3 M_T	0.057	1259				
HD191939-b	10.3 M_T	0.08	875	HD191939-e	0.34 M_J	0.4	85
HD191939-c	7 M_T	0.16	593	HD191939-f	6.5 M_J	4.7	68
HD191939-d	5.6 M_T	0.21	527				
HD219134-b	4.7 M_T	0.04	1010	HD219134-f	7.2 M_T	0.15	518
HD219134-c	4.4 M_T	0.07	775	HD219134-g	11 M_T	0.35	315
HD219134-d	16 M_T	0.24	405	HD219134-h	0.3 M_J	3.08	107.5
WT 2353-b	1.5 M_T	0.03	990	WT 2353-e	3.79 M_T	0.08	570
WT 2353-c	4.7 M_T	0.04	820	WT 2353-f	7.5 M_T	0.10	490
WT 2353-d	3 M_T	0.06	640	WT 2353-g	4 M_T	0.13	445
Mercúrio	0.55 M_T	0.39	440	Júpiter	318 M_T	5.2	165
Vênus	0.82 M_T	0.72	740	Saturno	95.2 M_T	9.52	134
Terra	1 M_T	1.0	287	Urano	14.5 M_T	19.1	53
Marte	0.11 M_T	1.52	210	Netuno	17.1 M_T	30	50

Tabela 4.8– Valores estimados de massa, distância e temperatura para os exoplanetas estudados.

Por fim, calculamos a massa planetária, a distância de cada exoplaneta até sua estrela-mãe e a temperatura do exoplaneta. Para efeito de comparações colocamos também os dados do Sistema Solar usando as equações mostradas no capítulo 2. Outro detalhe é que todos os sistemas acima são multiplanetários. Também como falamos anteriormente (vide taxinomia planetária, no capítulo 2), muitos dos exoplaneta contidos na tabela 4.8 estão na zona de habitabilidade planetária.

As massas dos exoplanetas estão ou em função da massa da Terra para exoplanetas análogos à Terra, super Terras, sub Terras, etc., ou estão em função da massa de Júpiter, como é o caso de Gigantes gasosos e Gigantes Gelados. Em um limite de tolerância razoável, incluímos os Netuno frios, super Netunos quentes e superquentes.

5 Ensino de Astrobiologia

5.1 Panorama Geral – da Universidade até às Escolas

Neste capítulo, procuramos mapear como a Astrobiologia é transmitida aos futuros professores de Biologia, ainda da graduação e como os professores já formados e em pleno exercício trabalha a Astrobiologia nas escolas. Com esse intuito, selecionamos três públicos-alvo, a saber:

a) Professores universitários - Docentes do curso de Licenciatura em Biologia;

b) Professores do Ensino Básico - Professores formados em Licenciatura em Biologia e que atuam na Educação Básica, em particular, no Ensino Médio.

c) Acadêmicos – participaram apenas estudantes do curso de Licenciatura em Biologia.

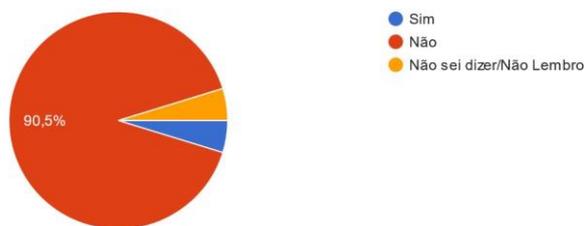
Após definirmos os três públicos-alvo, o passo seguinte foi escolher uma estratégia para alcançar cada público e coletar suas respectivas opiniões. Essa tarefa foi muito complicada, haja vista que a SEDUC-AM já havia retomado as aulas presenciais, porém, a Universidade do Estado do Amazonas ainda encontra-se em regime híbrido. Uma solução foi a elaboração de questionários usando a ferramenta google forms. No caso dos professores da SEDUC-AM, muitas vezes os mesmos estavam lotados em mais de uma Escola, não ficando no intervalo, nas salas dos professores. A saída era comparecer na Escola no horário da aula daqueles professores. Quanto aos professores universitários, elaboramos um questionário digital e enviamos um convite para os coordenadores do curso de Biologia da UFAM (interior e capital) e UEA (interiores e capital). Não recebemos qualquer resposta por parte dos

coordenadores dos cursos de Biologia. A saída foi escrever diretamente para o e-mail dos professores solicitando a participação deles nos questionários. Após esta iniciativa, algumas respostas foram obtidas. Quanto aos acadêmicos, devido ao período pandêmico somente tivemos acesso àqueles que estavam no campus Parintins (CESP).

Em linhas gerais, os questionários visaram entender melhor a lacuna existente entre o Ensino Básico e o ambiente Acadêmico. As perguntas propositalmente seguiram na mesma linha para todos os públicos, assim, fica mais fácil perceber o que se espera da Universidade e o que se espera do Professor de Biologia em sala de aula.

Vejamos a análise das respostas dos acadêmicos do curso de licenciatura em Biologia da UEA, campus Parintins (CESP). Neste questionário, os participantes foram todos os alunos da graduação, desde os calouros até os veteranos.

1. Durante a graduação você cursou alguma disciplina relacionada a Astrobiologia?
21 respostas



A pergunta 1 foi elaborada com intuito de verificar qual o grau de informação sobre Astrobiologia os acadêmicos possuíam. De cara, notamos que a esmagadora maioria dos estudantes das graduações em Ciências Biológicas não tiveram acesso às informações sobre Astrobiologia. Esse dado reflete uma proposta tradicional das grades curriculares. Dentro da qual a Ciência

Biologia fica fortemente presa à Botânica, Ecologia, Genética, Vertebrados, Invertebrados, etc. Embora sejam estudos amplos, do ponto de vista de aplicação, estas vertentes demonstram-se muito restritivas. Por restritivas queremos dizer que os estudantes não são levados, por exemplo, a imaginar como se daria a fotossíntese em um local diferente da Terra, como se daria o crescimento vegetal a gravidade zero? Estes são dois exemplos de questões simples, que infelizmente, a linha tradicional de Ensino não contempla. A minoria que respondeu “não sei dizer” na verdade ou não tinham qualquer informação sobre Astrobiologia ou não viram relação alguma entre Astrobiologia e Biologia.

2. Para você quais das opções abaixo melhor define a Astrobiologia?

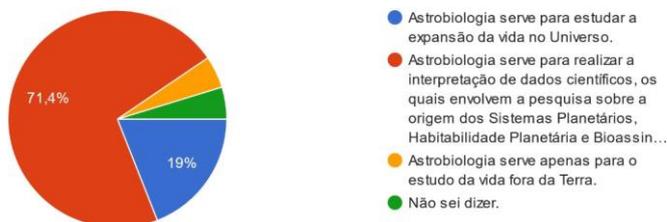
21 respostas



Na pergunta número 2 verificamos a relação entre Astrobiologia e Biologia, i. e., na percepção dos alunos, será que estas duas ciências tem algo em comum? Notamos que entre as várias alternativas, as respostas ficaram centradas em duas opções. A maioria definiu Astrobiologia como sendo a ciência que estuda a origem, evolução, distribuição e futuro da vida na Terra e no Universo – esta é a definição mais ampla de Astrobiologia e os entrevistados mostraram conhecimento a nível muito satisfatório, haja vista que foram capazes de identificarem a definição de Blumberg (2003). Já a minoria, optou por uma definição mais rasa - “Ciência que estuda a

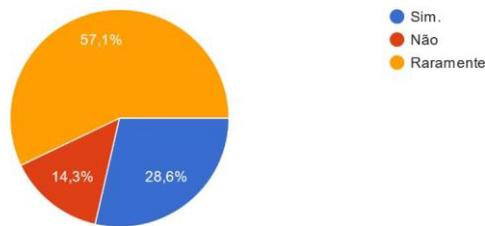
Astronomia e a Biologia de forma simultânea”. Neste aspecto, a percepção deste último grupo é bem primária, no seguinte sentido, duas ciências foram colocadas em caixinhas diferentes e então, alguém resolveu mesclar os conteúdos de ambas as caixinhas. Sublinha-se que essa visão rasa é predominante na comunidade leiga.

3. Em sua opinião, quais das alternativas abaixo mostram a utilidade da Astrobiologia?
21 respostas

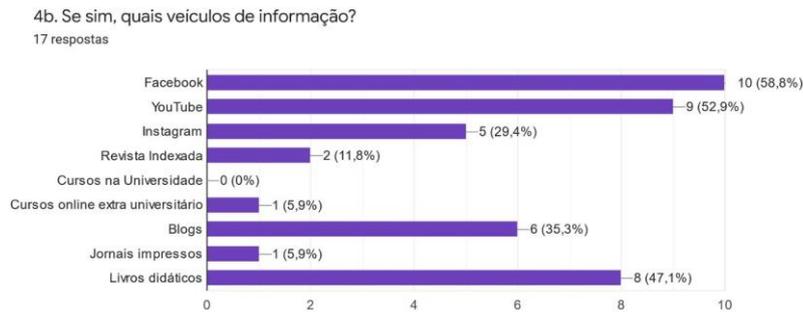


Para a pergunta 3 buscamos a opinião dos entrevistados a cerca da utilidade (da ciência) Astrobiologia. Embora uma minoria não tenha conseguido responder a esta questão, notamos que a maioria (71,4% dos entrevistados) entendem que Astrobiologia é útil para o estudo de Sistemas Planetários, Zonas de habitabilidade e Bioassinaturas, entre outros. Chama-nos a atenção a resposta de 19% dos entrevistados, os quais alegaram que a Astrobiologia serve para estudar a expansão da vida Universo. Aqui os entrevistados fizeram uma ligeira confusão entre Astrofísica – que estuda a expansão do Universo – e Astrobiologia – que estuda o surgimento, a evolução e distribuição da vida no Universo.

4a. Você acompanha as notícias sobre Astrobiologia?
21 respostas



A questão 4a buscamos averiguar se os acadêmicos realmente acompanham informações sobre Astrobiologia. A grande maioria respondeu que raramente acompanha. Esta resposta, a priori, está em desacordo com a resposta da questão 2, na qual a maioria usou a definição mais ampla de Astrobiologia. Somos levados a perceber que: embora a maioria dos estudantes já tenham ouvido falar de Astrobiologia, ou faltam-lhes fontes confiáveis sobre o assunto, ou por algum outro motivo, os entrevistados não têm acesso às informações sobre Astrobiologia. Também notamos que o número de acadêmicos que acompanham informações sobre Astrobiologia é o dobro (28,6% dos entrevistados) da quantidade de acadêmicos que não acompanham notícias sobre este tema. Se há universitários que se interessam pelo estudo da Astrobiologia e acompanham as informações sobre esta área, parece-nos natural que surjam disciplinas optativas que contemplem tópicos de Astrobiologia. Porém, não foi esta a realidade que encontramos no curso de Ciências Biológicas.



Na questão anterior, foi levantada a questão de uma possível falta de fonte sobre informações de Astrobiologia. Assim, para esclarecermos quaisquer dúvidas, a questão 4b, mostra-nos quais são as fontes pesquisadas pelos acadêmicos que responderam “raramente” e “sim” no item 4a.

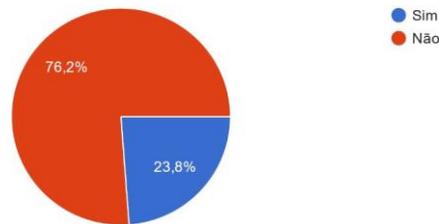
Observamos que os alunos acompanham mais as informações por meio do Facebook, YouTube e Livros Didáticos, nesta ordem. Essa resposta explica a razão pela qual a maioria dos acadêmicos raramente acompanham as informações sobre Astrobiologia. Tanto Facebook quanto Youtube são plataformas que carecem de produção de conteúdo científico de qualidade. A maioria dos pesquisadores comunicam os resultados de suas pesquisas em Revistas Indexadas – fonte consultada por 11,8% dos entrevistados. A grande maioria dos produtores de conteúdo no Facebook ou são alunos ou são pessoas sem a mínima formação em Astrobiologia. Diante deste quadro, as chances de se interpretar algo erroneamente são grandes e se isso acontece, as pessoas passarão a não acompanhar aquelas notícias. Notamos assim claramente que os acadêmicos que responderam “raramente” não é que eles não gostem de Astrobiologia e sim porque eles não reconhecem os erros graves postados no Facebook e Youtube como pertencentes à Astrobiologia. Felizmente, tanto no Facebook quanto no Youtube temos cientistas sérios (pessoas com formação

acadêmica na área) que colocam conteúdos de qualidade, porém, seus conteúdos aparecem com menos frequência.

Outro ponto que chama-nos a atenção é que nenhum dos entrevistados participou de algum curso na Universidade. Esse ponto é gravíssimo! Citamos por exemplo o próprio CESP, este campus avançado da UEA é onde está sediado o NEPA, só entre 2018 e 2022 foram desenvolvidos no CESP 50 projetos de Extensão Universitária, 10 projetos de Iniciação Científica e várias palestras, cursos, entre outras atividades – todas abordando Astrobiologia e as demais subáreas da Astronomia. Afirmar que nunca participou de algum curso de Astrobiologia significa que certamente os entrevistados nunca saíram das dependências de seus colegiados e se preocuparam em conhecer as dependências de sua Universidade. Aliás, o perfil mais comum entre os estudantes é aquele no qual o aluno só vem para a Universidade na hora da aula. Terminada a aula, ele (aluno) segue direto ou para sua casa ou para o trabalho. Dentro desta realidade, há alunos que formam e nunca colocaram os pés na biblioteca universitária, da mesma sorte, esses mesmos alunos não conhecem os professores do seu próprio colegiado, pois, limitam-se a conhecer apenas os docentes que ministrarão disciplinas para eles. Esse perfil de aluno quando muito só participa das atividades restritamente de seu curso, não interagindo com os demais cursos, alunos e professores.

Outra opção muito votada foi “blogs”, trata-se de mais uma fonte na qual a quantidade de conteúdos não confiáveis é grande. A comunicação rápida dos blogs ajuda a informação a se propagar com uma rapidez impressionante. Porém, se a linguagem for muito científica, a esmagadora maioria das pessoas não irá entender. Ao simplificar as informações, corre-se o risco de cometer inúmeros erros conceituais.

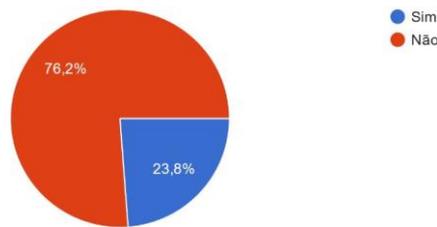
5. Você conhece algum Astrobiólogo
21 respostas



Na questão 5 os alunos tiveram a oportunidade de dizerem se conhecem ou não um Astrobiólogo. Como era esperado, a maioria (76,2% dos entrevistados) afirmaram não conhecer um profissional desta área. Já os 23,8% dos entrevistados mostraram o quanto o Ensino de Astrobiologia carece de esclarecimento. Pois, esta minoria denominou Astrobiólogo a toda e qualquer pessoa que ministre palestra ou escreva algo que leve o nome Astrobiologia. No Brasil, a comunidade de Astrobiologia é pequena ainda, inclusive é formada por Profissionais de outras áreas, como : Astrofísicos, Paleontólogos, Geólogos, etc. Astrobiólogos de formação são muito poucos. Salientamos que uma pessoa que atue na área de divulgação científica não pode ser considerada Astrobiólogo(a) somente pelo fato de divulgar textos, vídeos, etc sobre o tema Astrobiologia. No máximo, uma pessoa quem este perfil será um Divulgador Científico se e somente se a mesma tiver formação acadêmica em Divulgação Científica. Caso contrário, ou é alguém que não é Divulgador Científico que está falando (sem conhecimento de causa) de alguma informação sobre Astrobiologia; ou é um Cientista (com formação em Astrobiologia ou área afim) e que, por ter uma carreira como Pesquisador, elabora textos, vídeos, etc sobre a temática Astrobiologia – falando com total conhecimento de causa.

6a. Já leu algum trabalho científico em Astrobiologia?

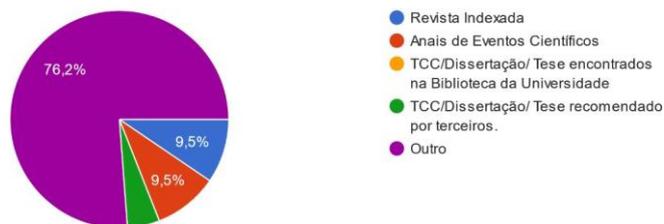
21 respostas



A questão 6a avaliou se os alunos já tiveram contato com trabalho científico, a grande maioria respondeu “não” o que reforça a nossa tese que as informações acessadas pelos acadêmicos não foram produzidas por uma pessoa da área de Astrobiologia. Do ponto de vista educacional, ter acesso a informações distorcidas e/ou sem qualidade científica é um grande problema para a formação de futuros Professores de Biologia, haja visto que estes também terão uma visão distorcida da Astrobiologia - e assim, distanciando os alunos do Ensino Básico da Astrobiologia. Na ausência de fundamentos científicos, e de explicações sólidas, os alunos do Ensino Básico, optam por ficarem em solo mais seguro que é a Biologia, quando comparada com os conceitos errôneos de uma pseudo Astrobiologia.

6b. Quais fontes você usou para ter acesso aos trabalhos científicos?

21 respostas

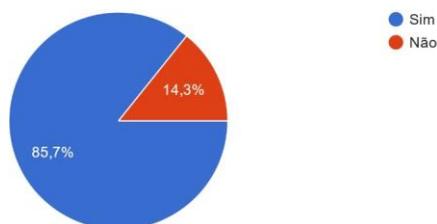


A fim de averiguarmos a confiabilidade das informações coletadas pelos acadêmicos, perguntamos a eles quais tipos de fontes eles acessaram. Mais uma vez, a maioria acessou toda e qualquer tipo de fonte, menos, aquelas apresentam informações mais confiáveis e cujo teor é respaldado de metodologia

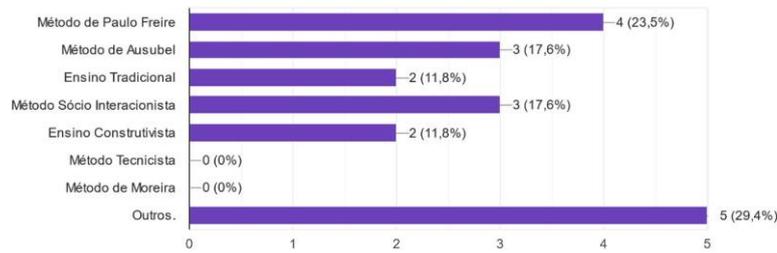
científica. Aqui, reforçamos que: “para falar sobre Astrobiologia não basta citar um ou outro assunto desta área. É mister que tenhamos critérios sólidos sobre o que está sendo falado.” Informações errôneas sendo propagadas acaba refletindo em uma formação débil e os alunos acabam não percebendo conceitos básicos de Astrobiologia. Desta forma, a Astrobiologia aparentará uma ciência fora do alcance dos estudantes e, sendo assim, acabará não sendo discutida e/ou tratada nas Escolas e nas Universidades.

Para termos uma noção de como os alunos percebem a necessidade de esclarecimento na área de Astrobiologia, a maioria (85,7% dos entrevistados) responderam - na pergunta 7a - que na opinião deles a Astrobiologia deveria sim ser ensinada no Ensino Fundamental I. Esse resultado é muito importante, pois, reforça o desejo dos alunos em conhecer, desde a base de seus estudos, os conceitos de Astrobiologia. O acontece na Educação brasileira é que os alunos se deparam desde cedo com aqueles conceitos de Astrobiologia, porém, muitas vezes o professor não diz que se trata de Astrobiologia e credita todos conceitos à Biologia. Falaremos mais sobre essa parte na sequência.

7a. Em sua opinião, a Astrobiologia poderia ser ensinada no Ensino Fundamental I?
21 respostas

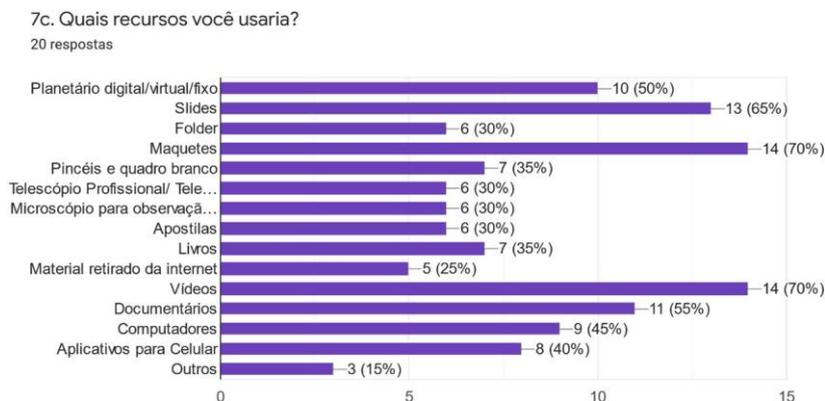


7b. Qual (is) metodologia (s) você usaria para ensinar Astrobiologia no Ensino Fundamental I?
17 respostas



Como os entrevistados são alunos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, então, perguntamos qual (ou quais) metodologia(s) eles aplicariam para ensinar Astrobiologia no Ensino Fundamental. Neste item, notamos uma certa desconfiança dos entrevistados em métodos pedagogicamente bem sucedidos tais como Paulo Freire e Ausubel. Essa resposta é interessante, pois, os resultados da pesquisa em Astrobiologia parecem não terem sido contemplados pelos métodos pedagógicos mais conhecidos. Essa ausência de diálogo entre resultados da Pesquisa e Ensino em Astrobiologia acarretam produções midiáticas (textos escritos, vídeos, etc.) completamente equivocadas e/ou com conceitos distorcidos de Astrobiologia. A proximidade nos resultados na questão 7b tanto podem ser interpretados que a Astrobiologia apresenta muita flexibilidade – podendo ser abordada por diferentes metodologias – quanto o contrário, isto é, não há um consenso entre os futuros professores, em qual metodologia melhor transmitem os conceitos de Astrobiologia. Talvez esse resultado seja o reflexo da confusão que tanto alunos quanto professores possuem ao ensinarem Astrobiologia. Afinal, usa-se as mesmas metodologias que são empregadas para o Ensino de Biologia ou não? Para esclarecer este ponto, perguntamos quais recursos os entrevistados usariam para ensinar Astrobiologia. Como resultado, notamos que Maquetes, Vídeos e Slides lideraram

as respostas com uma grande adesão – basicamente 7 em cada entrevistado usaria aqueles recursos.

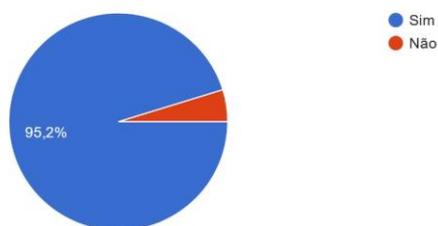


É interessante como tais recursos remetem à metodologia tradicional e são muito ineficazes na aprendizagem dos conceitos relativos às Ciências Biológicas. Ou seja, não há uma interação direta entre os alunos do Ensino Fundamental e o objeto de estudo, a Astrobiologia, desta forma, os conceitos ficam superficiais e puramente no campo da fé – ou acredita nas informações contidas em maquetes, vídeos e slides ou então, o aluno é rotulado como incapaz de aprender.

Por outro lado, ferramentas como Planetário, microscópio, telescópios que obrigatoriamente exijam uma interação entre aluno e a Astrobiologia foram pouco lembrados. Inclusive, os entrevistados apontaram o uso de aplicativos para celular como uma ferramenta mais eficiente do que a trinca planetário, microscópio e telescópio. Então, fica a pergunta: se ao aprender Biologia os professores usam laboratórios, fazem trabalho de campo, usam microscópio, entre outras ferramentas, porque razão – na opinião dos entrevistados - essas ferramentas não migraram para a Astrobiologia? É impossível aprender Astrobiologia sem interagir com a mesma.

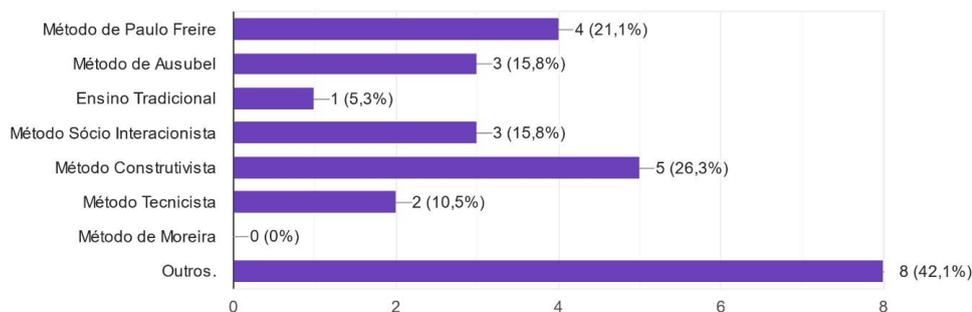
Talvez pudéssemos usar a argumentação de que os alunos do Ensino Fundamental I são muito jovens para serem levados para um trabalho de campo. Se esta argumentação é verdadeira, então, refizemos as três perguntas anteriores (7a,7b e 7c) para os entrevistados, agora considerando o Ensino Fundamental II - ambiente no qual os alunos já apresentam uma melhor percepção do mundo à sua volta e, embora estejam conhecendo muitos conceitos de Biologia, possuem mais maturidade que os alunos do Ensino Fundamental I.

8a. Em sua opinião, a Astrobiologia poderia ser ensinada no Ensino Fundamental II?
21 respostas

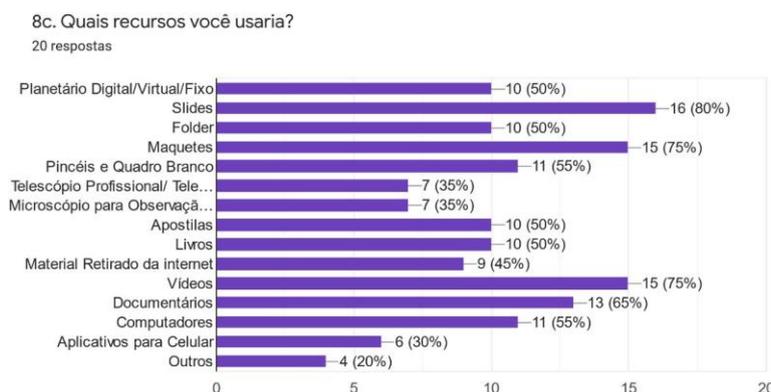


Mais uma vez, a maioria dos entrevistados concorda em inserir conceitos de Astrobiologia ao longo do Ensino Fundamental II. Comparando as respostas (7a e 8a) percebemos um aumento na concordância de se ter a Astrobiologia no Ens. Fundamental II. Esta diferença pode estar associada com o grau de complexidade que muitos acreditam que a Astrobiologia tem.

8b. Qual (is) metodologia (s) você usaria para ensinar Astrobiologia no Ensino Fundamental II?
19 respostas



Quando perguntamos quais metodologias poderiam ser utilizadas para o Ensino de Astrobiologia no Ensino Fundamental II, notamos que a metodologia construtivista lidera, seguida do método de Paulo Freire. Porém, ambas estão muito aquém da opção “outros”. Mais uma vez, os entrevistados concordam pela inserção da Astrobiologia na Educação Básica, mas, não concordam com a metodologia a ser aplicada.



Quanto aos recursos a serem empregados, 8 em cada 10 entrevistados afirmam que usariam Slides (80% dos entrevistados), seguido de Vídeos e Maquetes (75% ambos) e Documentários vem em terceiro com 65%. Essa resposta mostra o quanto o Ensino Básico é deficiente. Slides, maquetes e documentários por si só são ineficazes no processo ensino/aprendizagem. Mesmo a combinação destes três recursos mostra-se igualmente ineficiente. Repetimos aqui nossa tese: o aluno só aprende se ele (aluno) interagir com o objeto de estudo. Sem a experimentação, o estudo de Biologia, Astrobiologia e qualquer outra ciência se tornam única e exclusivamente em uma quantidade enorme de informações a serem decoradas, as quais serão esquecidas com o tempo. Temos que ponderar que ao responderem desta forma, os entrevistados replicam as mesmas técnicas que os Professores do Ensino Básico usaram com eles.

9a. Em sua opinião, a Astrobiologia poderia ser ensinada no Ensino Médio?
21 respostas

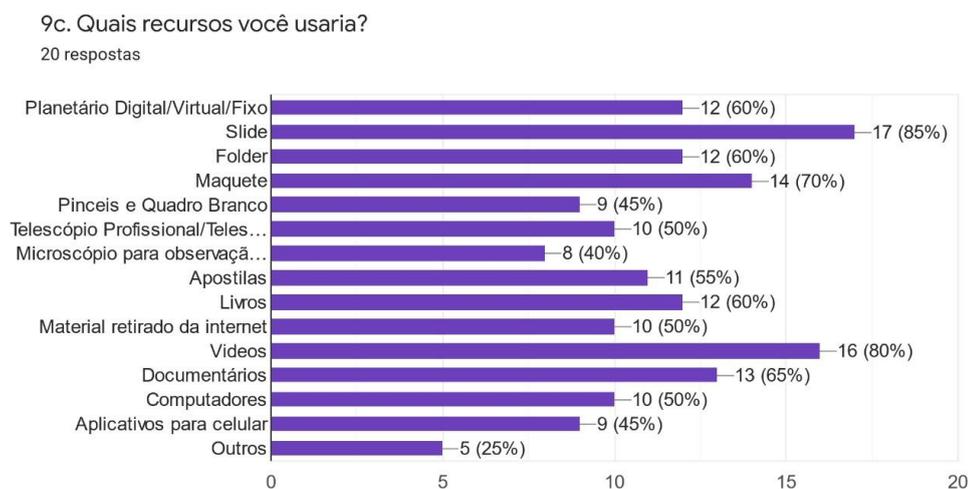


Quando perguntados sobre a viabilidade de se ensinar Astrobiologia, no Ensino Médio, a adesão foi unânime. Esse resultado reflete claramente a ideia errônea de que os assuntos de Astrobiologia são muito complexos. Ora, se os estudantes do Ensino Médio estão aptos a falarem sobre Astrobiologia, por qual razão esta temática ficaria restrita ao Ensino Médio? Essa indagação encontra uma resposta nos conceitos básicos de Biologia. O argumento é “O entendimento é de que os conceitos básicos ficariam consolidados no 9º. Ano do Ensino Fundamental, razão pela qual assuntos da Astrobiologia somente caberiam no Ensino Médio.” - porém, tal argumento é pobre e não encontra sustentação alguma. Tanto a BNCC quanto o PCN já contemplam assuntos de Astrobiologia ainda no Ensino Fundamental. Logo, não tem motivo para tal restrição. O que poderíamos concordar é que o nível de profundidade dos assuntos seria diferente ao comparar o Ensino Fundamental e o Ensino Médio. Mas, essa diferença em profundidade é algo que se espera. Entretanto, Consideremos a seguinte situação: “Uma criança de 8 anos chega na Escola e pergunta ao Professor por quê tem água em Marte? Os pais estavam assistindo TV ou ouvindo o rádio e ela acabou ouvindo que os cientistas estão investigando a existência ou não de água em superfície marciana.”. Então, não podemos concordar que os tópicos de Astrobiologia estejam restritos só a partir do Ensino Médio, pois se fosse

assim, aquele professor deveria responder à sua aluna “quando você chegar ao Ensino Médio, você descobre”, seria uma postura muito infeliz por parte de um educador. Claro, se a aluna já estivesse no Ensino Médio, certamente o professor poderia responder sua dúvida com mais profundidade. O importante é que a pergunta da aluna tenha sido contemplada.



Quando perguntados sobre qual metodologia usariam, mais uma vez a opção “outros” ficou em primeiro lugar. O que nos chamou a atenção foi o empate entre método interacionista e ensino construtivista, ora, que nível de interação há assistindo vídeos, slides e documentários? Que nível de construção há assistindo apenas vídeos, slides e documentários? Mais uma vez, os entrevistados replicam a mesma receita de um Ensino deficitário.



São impressionantes os percentuais dos recursos Slides (85%), Vídeos (80%) e Documentários (65%). A boa notícia é que desta vez, opções como planetário, telescópio e microscópio aparecem com porcentagens significativas. Em contrapartida, temos um segundo ponto negativo, a saber: 50% dos entrevistados optaram pelo uso de computadores e materiais tirados da internet para o ensino de Astrobiologia, estas opções são o maior erro que o professor (ou até mesmo o aluno) podem cometer. Na sequência, temos 45% dos entrevistados usando aplicativos para celular com o intuito de aprenderem algo sobre Astrobiologia.

Fica nítida a influência da internet e tecnologias na geração dos entrevistados. O processo de aprendizagem ativa, através da leitura de textos e da experimentação foi trocado pela aprendizagem passiva, na qual os alunos são colocados para assistirem slides, vídeos, documentários, ou simplesmente pegarem materiais já prontos -sem o exercício da reflexão ou construção do raciocínio. As informações sobre Astrobiologia, neste nível, são apenas retransmitidas e não construídas. Os professores que assim procedem se limitam a ser um repassador de informações, sendo desprovidos de qualquer iniciativa de questionamento ou senso crítico. Muitas vezes, retransmitindo informações totalmente infundadas. Isso se reflete nas maquetes, que de longe não são criação dos alunos e sim, uma simples réplica do que já existe na internet, sem qualquer questionamento se a maquete está certa ou não. Vejamos um exemplo simples, o sistema Sol-Terra-Lua. Este assunto é tratado desde o Ensino Fundamental I. Quando os professores de Ciências solicitam uma maquete, os alunos com a postura acima, limitam-se a tirarem da internet qualquer imagem e reproduzem qualquer informação, a qual eles (alunos e professores) julgam se tratar de uma maquete científica – inclusive levando-a para feiras de Ciências. Acontece que tal informação está totalmente ERRADA!



Vamos esquecer por um momento que a tal maquete está fora de escala e fora de tamanho. Foquemos unicamente no sistema Sol-Terra-Lua, para um leigo a tal maquete é científica e é fidedigna. Mas, não, as informações estão totalmente erradas. Além das escalas de tamanho e distância, há outros erros cruciais, como por exemplo:

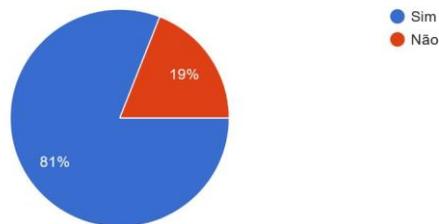
a) o sistema Terra-Lua está no mesmo plano que o sistema Terra-Sol, se assim fosse, toda Lua Cheia e Lua Nova teríamos eclipses, ou seja, teríamos eclipses lunares duas vezes ao mês. Claro que isso não acontece, motivo: porque a tal da maquete está errada!

b) Se o Sol está iluminando um dos lado da Lua e da Terra, por qual razão a na tal maquete ambos os lados da Lua e da Terra estão sendo iluminados?

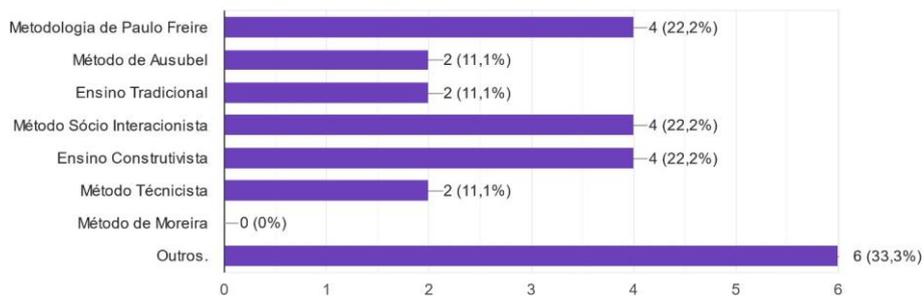
Enfim, estas foram só algumas das falhas, há muito mais. Fica claro que o uso de maquete a nível de simplesmente replicar as imagens que estão em livros e/ou internet não acrescentam em nada à aprendizagem de Astrobiologia. Por outro lado, a construção de uma maquete, na qual os estudantes e professores irão questionar os porquês de cada detalhe da maquete esta sim é uma atividade que contribuirá positivamente para uma Aprendizagem Significativa.

Quando perguntamos sobre o Ensino da Astrobiologia na Educação de Jovens e Adultos, embora os percentuais sejam diferentes daqueles apresentados nas questões anteriores, a percepção rasa dos conceitos básicos de Astrobiologia e a escolha em métodos e ferramentas ineficazes no processo de Ensino/Aprendizagem são persistentes.

10a. Na sua opinião, a Astrobiologia poderia ser ensinada na E.J.A?
21 respostas

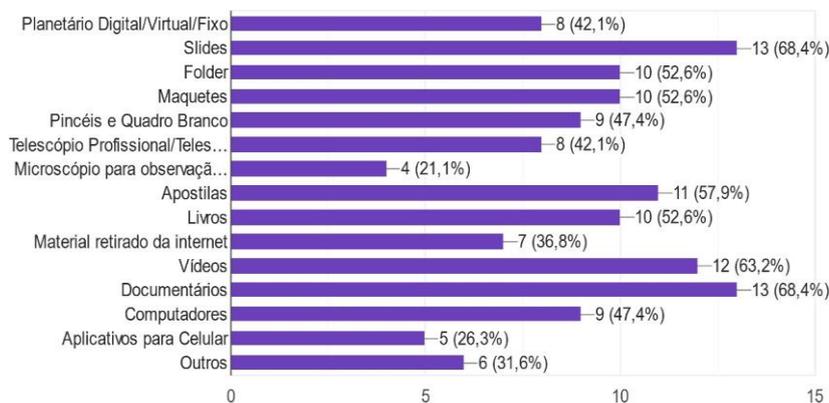


10b. Qual (is) metodologia (s) você usaria para ensinar Astrobiologia para a E.J.A?
18 respostas



10c. Quais recursos você usaria?

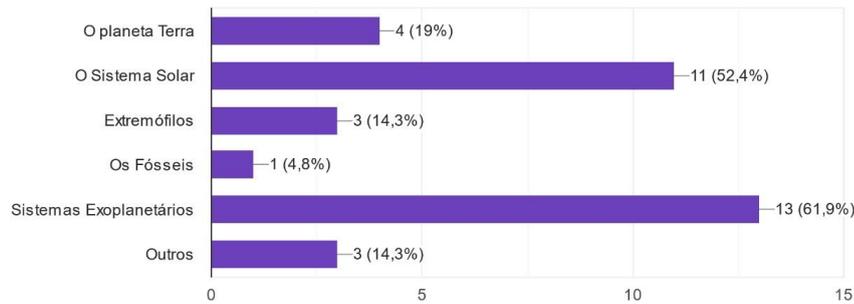
19 respostas



Para mensurar o quão rasa é a percepção dos entrevistados a respeito dos conceitos básicos de Astrobiologia, perguntamos a eles qual ou quais seriam o objeto de estudo da Astrobiologia.

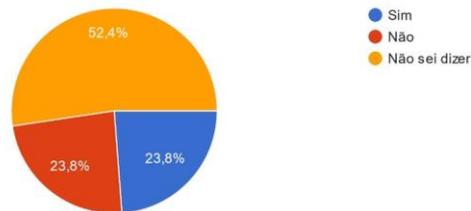
11. Para você, qual/quais opção (ões) abaixo melhor representa (m) o (s) objeto (s) de estudo da Astrobiologia?

21 respostas



É impressionante como a grande maioria associou a Astrobiologia unicamente aos sistemas (ou exoplanetários ou Solar). Por exemplo, a maioria esqueceu que a Astrobiologia estuda a origem da vida, neste quesito, encaixam-se os extremófilos. Quando os planetas (e/ou exoplanetas) apresentam um cenário extremo (elevada temperatura, baixíssima temperatura, altíssima pressão, baixíssima pressão, etc.) a primeira manifestação de vida são os extremófilos. Uma vez que os planetas (e/ou exoplanetas) tiveram alguma forma de vida ao longo de sua existência, um segundo sinal de vida são os fósseis. Essa informação nos ajuda a entender o passado daquele planeta (e/ou exoplaneta), por exemplo, se ele estava ou não na zona de habitabilidade em um passado remoto. Também notamos que a maioria dos entrevistados se esqueceu que a Terra é um planeta, logo, todos os processos biológicos estudados em nosso planeta encaixam-se na Astrobiologia. Vale lembrar que a Terra é o maior laboratório da Astrobiologia.

12. Você encontra informações sobre Astrobiologia nos livros didáticos dos anos regulares- Ensino Fundamental ao Ensino Médio?
21 respostas



Ao perguntarmos sobre a existência de informações sobre Astrobiologia existentes nos livros didáticos do Ensino Regular, 76,2% ou não souberam dizer ou afirmaram não haver qualquer informação sobre Astrobiologia nos livros didáticos. Este número é preocupante, pois, os alunos “candidatos a futuros professores de Biologia” não conseguiram associar fenômenos simples como identificação de vírus, bactérias, protozoários, vertebrados, invertebrados, etc..., o processo de fotossíntese, camada de Ozônio, inversão térmica, conceitos sobre RNA e DNA, teoria da abiogênese versus teoria da biogênese, bioma, flora, fauna, habitat, genes recessivos e dominantes, processos de reprodução, meio ambiente, desenvolvimento sustentável, ciclos da água, do nitrogênio, entre tantos outros temas que fazem parte da Astrobiologia. Tudo que foi mencionado acima é estudado nos livros de Ciências e de Biologia na Educação Básica.

13. A internet ajuda ou atrapalha a aprendizagem dos alunos ao abordar temas sobre Astrobiologia? Justifique.
21 respostas



Ao averiguarmos a contribuição da internet no processo de aprendizagem dos temas sobre Astrobiologia, os entrevistados foram unânimes e afirmaram que o uso da internet ajuda a aprender muitos conceitos de Astrobiologia. De fato, a internet se constitui um grande veículo de comunicação. Porém, quando o assunto é Ensino/Aprendizagem, a internet torna-se a grande vilã do Ensino de qualidade. Isso acontece pois, ao invés dos entrevistados consultarem páginas das Universidades, Bibliotecas, Portal CAPES, lerem artigos, etc., a realidade mostrada nas respostas acima é bem diferente. Observamos que aproximadamente 33% dos entrevistados alegaram que a internet ajuda pois a grande parte das informações estão disponíveis através deste veículo - não especificando exatamente qual página ou site foram consultados. Quase 48% declararam que a internet ajuda pois ferramentas de busca como o Google são práticas e minimizam o tempo de leitura e escolha de sites. Outros 19% afirmaram que a internet ajuda graças às páginas de divulgação científica. É fato que esta geração usa muito internet, porém, é questionável que tal uso esteja produzindo e/ou contribuindo para uma aprendizagem significativa. Mais uma vez reforçamos nossa tese que: “Sempre temos que checar as fontes. Coletar as informações da internet sem uma visão crítica é um grande erro, o qual irá gerar outro erro tão grande quanto - que é a propagação de informações equivocadas e/ou distorcidas.”. Citamos por exemplo a plataforma CAPES, muitas Universidades brasileiras investem uma quantidade significativa de dinheiro para que seus alunos e pesquisadores tenham acesso aos artigos e revistas de alto impacto. Porém, os alunos dos cursos de licenciatura não acessam o portal CAPES, e mesmo sendo bolsistas em projetos universitários, acabam apresentando dentro do meio acadêmico informações oriundas de páginas como Google, Wikipedia, entre outras. Aliás, este foi um dos motivos pelo qual este TCC foi concebido. A

intenção foi partir do conhecimento que os alunos já possuem ou que já está acessível a eles e introduzir informações corretas e/ou colocá-las na forma correta com que as mesmas deveriam ser apresentadas.

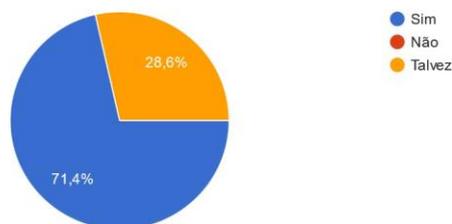
14. A internet ajuda ou atrapalha os professores a ministrarem aulas abordando temas sobre Astrobiologia?
21 respostas



Quando a pergunta foi direcionada para os professores, mais uma vez os entrevistados foram unânimes ao afirmarem que a internet é ajuda o professor a ministra aulas com temas voltados à Astrobiologia. Porém, chama-nos a atenção não é o uso da internet em si, e sim o fato de professores usarem única e exclusivamente informações soltas na internet. Quando se espera que o professor fosse optar pelo uso das fontes científicas, i.e., dos artigos, TCCs, Monografias, etc. Um exemplo muito comum são os diversos posts na internet sobre situações hipotéticas e bizarrices faladas e rotuladas como Astrobiologia. Mas na verdade, não são. É mister que o professor tenha claramente em mente a separação do que é Ciência e do que é ficção científica. Um exemplo clássico são as pessoas que usam a saga Star Wars, Guerra nas Estrelas, Interestelar e muitos outros similares para criarem “debates” de algo que não nada a ver com a ciência Astrobiologia. Pelo contrário, essa atitude é uma banalização da ciência. Repetimos nossa tese: Ciência é provida de Metodologia Científica, de dados reais, baseados em experimentos reais. É fácil identificar se a fonte não é

confiável, basta notar a abordagem totalmente fora de contexto da notícia. Em geral, a fala é algo parecido com “a verdade que os cientistas não revelaram...”, “a ciência não admite...”, “a ciência esconde isso de você...”, são bordões típicos de pseudo-divulgadores e de pessoas totalmente leigas em Astrobiologia. Expor informações do âmbito do imaginário (como é o caso dos filmes, quadrinhos, e similares) como se fosse do âmbito científico (Astrobiologia) faz com que muitas pessoas rotulem a Astrobiologia, desacreditando da seriedade das pesquisas realizadas nesta área.

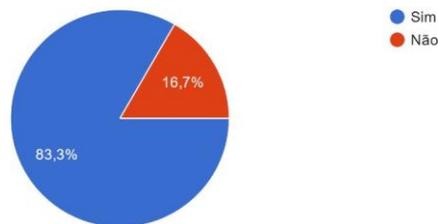
15. Você tem interesse ou curiosidade em estudar Astrobiologia?
21 respostas



Ao perguntarmos se os entrevistados têm interesse na área de Astrobiologia, fomos surpreendidos com um índice de 71,4%, ou seja, 7 a cada 10 estudantes da graduação em Ciências Biológicas gostariam de estudar Astrobiologia. Apesar de um índice alto, os cursos de Biologia não sinalizam ao menos para a introdução de uma disciplina optativa de Astrobiologia em sua grade. Para entendermos melhor o motivo desta situação, aplicamos um questionário para os professores do Colegiado de Biologia.

Atualmente, o Colegiado de Biologia do CESP é composto por 09 (nove) docentes, dos quais seis (06) participaram desta pesquisa.

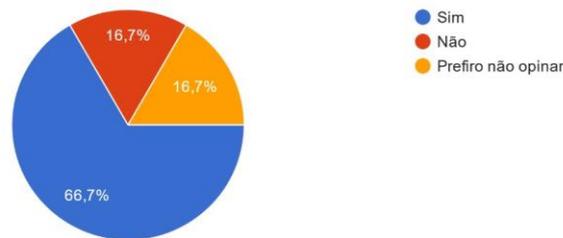
1. Você já ouviu falar em Astrobiologia?
6 respostas



E logo na primeira pergunta percebemos como os docentes do colegiado percebem a Astrobiologia, 16,7% dos professores de Biologia do CESP afirmaram nunca ter ouvido falar de Astrobiologia. Claramente esta resposta não reflete a realidade, pois, o NEPA existe a uma década no CESP, são 10 anos de projetos em Astrobiologia, inclusive com a participação de estudantes do curso de licenciatura em Ciências Biológicas. Ao afirmarem que nunca ouviram falar sobre Astrobiologia, estes docentes estão assumindo que nunca leram nada sobre ciência na vida deles, e o pior, nunca colocaram os pés na UEA, onde fica a sede do NEPA, pior ainda, eles demonstraram ser totalmente leigos no que se refere aos temas da própria Biologia – por exemplo, a fotossíntese acontece em duas etapas, na ausência e na presença de luz solar. Ora Sol é a única estrela do Sistema Solar e Terra é um planeta. Como pode um professor universitário com formação em Biologia dizer que nunca ouviu falar em Astrobiologia? Será que tal professor(a) não sabe Biologia? Claro que que aquela resposta não reflete a realidade, o que se passa é que há um nítido conflito de interesses. De um lado, há professores que são a favor do surgimento de áreas de pesquisa que dialogam com a Biologia; de outro lado, professores que defendem a ideia que os

alunos do curso de Ciências Biológicas deverão estar envolvidos única e exclusivamente às atividades do colegiado e estarem engajados somente nas linhas de pesquisa dos professores do colegiado. Essa briga surda é ruim para nós alunos, pois, a cada ano o NEPA tem dezenas de projetos e bolsas para estudo de Astrobiologia, ao passo que o colegiado tem algumas poucas oportunidades. A maioria dos alunos ou estão no PIBID ou na residência pedagógica e si limitam a ser auxiliares (ou replicadores, como queiram) da metodologia antiga na qual os professores insistem em ensinar Biologia através

2. Você concorda que a Astrobiologia é um ramo Científico útil para a formação de estudantes do Curso de Ciências Biológicas?
6 respostas



de slides, vídeos e documentários. Este TCC por exemplo, foi possível graças ao apoio dos docentes da Biologia que incentivam nós alunos a aplicarmos a Biologia no nosso cotidiano. Inclusive, a estes professores minha eterna gratidão. Para minha felicidade, a maioria de meus professores do meu colegiado possuem mente aberta e me apoiaram quando decidi me ingressar nos projetos do NEPA.

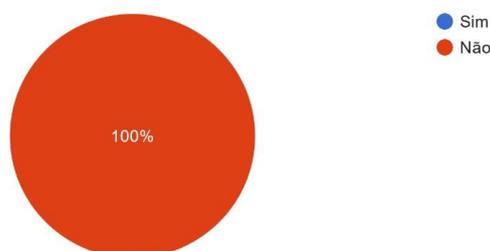
Mais uma vez, percebe-se a “briga surda” de interesses. Os mesmos 16,7% que alegaram nunca ter ouvido falar em Astrobiologia, são os mesmos que continuam negando a Astrobiologia e insistem em dizer que a Astrobiologia não acrescenta em nada à formação dos estudantes do curso de Ciências Biológicas. Mais uma vez, a maioria dos professores entendem que a

Astrobiologia contribui sim para a formação dos acadêmicos do curso de Ciências Biológicas. E uma fatia de 16,7% que declararam “já ter ouvido falar sobre Astrobiologia” não quiseram opinar, esse foi um posicionamento de defesa. Ou seja, esses professores que marcaram esta última opção, preferiram não bater de frente com a minoria que se posiciona contra todas e quaisquer ações fora do colegiado de Ciências Biológicas. É um posicionamento pois cria um intermédio entre o sim e o não. Lembrando que, para todos os efeitos, o “sim” do colegiado é reforçar o direito que todos nós alunos temos de poder ingressar em quaisquer projetos fora do colegiado, o “não” pelo contrário, reforça a postura caseira na qual os alunos ficam toda a graduação ligados estritamente às atividades do colegiado e, torcendo para ser convidado para fazer uma Iniciação Científica ou Projeto de Extensão da UEA.

Vale ressaltar que a postura dos “professores em formação”, ou seja, dos alunos da Licenciatura em Ciências Biológicas é diretamente influenciada pela postura do colegiado. Neste sentido, um colegiado com mente aberta é um facilitador para o crescimento da Astrobiologia dentro da UEA e do Estado do Amazonas. Quanto à UFAM, não houve até o momento qualquer resposta dos seus Professores de Biologia. Espera-se que futuramente haja um diálogo entre UFAM e UEA e que ambas possam propor atividades voltadas para a Astrobiologia para seus alunos do curso de Ciências Biológicas. Afinal, estudar Astrobiologia requer uma base sólida de Biologia. Logo, os alunos são convidados a estudarem mais ainda sistemas biológicos e como tais sistemas podem ser replicados em outros planetas e/ou sistemas planetários.

3. A grade curricular de disciplinas (PPP) do curso de graduação, na qual você leciona, contempla a disciplina de Astrobiologia?

6 respostas



Quando perguntamos sobre a presença de alguma disciplina optativa voltada para Astrobiologia no Projeto Político Pedagógico (PPP) do curso de Ciências Biológicas, a resposta é uma prevista negativa. A ausência de alguma disciplina optativa na grade faz com que os acadêmicos não tenham um prepara adequado para responder perguntas voltadas à Astrobiologia, nas salas de aulas da Educação Básica. Isso podemos notar em situações nas quais os alunos de Biologia vão para as Escolas fazer estágio e, ao abordarem um assunto como por exemplo, respiração humana, algum aluno pergunta ao estagiário como um astronauta poderá respirar na Lua ou em Marte? E o estagiário sem qualquer preparo responde que essa pergunta não faz parte da Biologia. “Biologia se aplica unicamente à Terra”- completa o estagiário. Aqui é notória a formação deficiente do estagiário. Ora, convenhamos, a Terra é um planeta, então, se ele está ensinando como funciona o aparelho respiratório em um planeta (Terra) o que aconteceria se mudássemos de planeta (Marte)? Parece-nos que o raciocínio do aluno é mais lógico que o apresentado pelo estagiário.

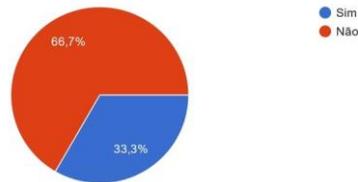
4. A grade de disciplina (PPP) do curso de graduação, no qual você leciona, contempla a disciplina Introdução a Astronomia?
6 respostas



Os entrevistados foram unânimes ao declararem a total ausência de qualquer disciplina relacionada aos fundamentos básicos de Astronomia. Ou seja, todos reconhecem a carência deste recurso para os estudantes. Por esta razão, a

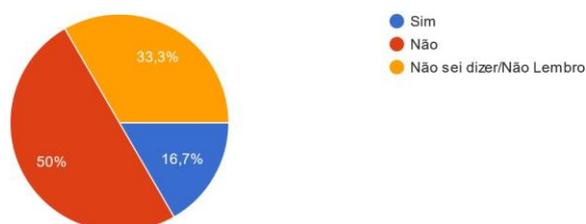
decisão do Colegiado em encorajar a participação de alunos em projetos de Astrobiologia torna-se primordial para a formação dos discentes.

5. Você conhece algum Astrobiólogo?
6 respostas



Interessante notar que os mesmos professores que falaram que não sabem o que é Astrobiologia, na questão 1, afirmaram aqui que conhecem um profissional da área de Astrobiologia. Já a maioria, afirmou não conhecer um Astrobiólogo. Como falamos, no Brasil, a Astrobiologia é uma ciência emergente, para termos uma noção os membros da Sociedade Brasileira de Astrobiologia é composta por Astrofísicos, Paleontólogos, Geólogos, Biólogos, Físicos, Matemáticos, etc., ou seja, é uma área interdisciplinar e multidisciplinar, por isso essa diversidade de saberes. A propósito, um dos membros da Sociedade Brasileira de Astrobiologia é do Amazonas e faz parte do NEPA. Na resposta acima, notamos que esta característica inter e transdisciplinar passou despercebida pelos entrevistados.

6a. Já leu algum trabalho científico em Astrobiologia?
6 respostas

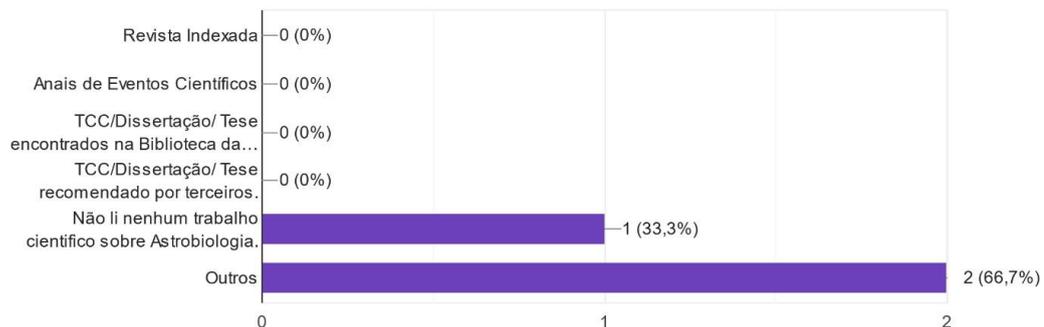


Na questão 6, buscamos saber se em algum momento os entrevistados tiveram contato com algum artigo científico em Astrobiologia. O índice de

professores que não leram qualquer artigo sobre Astrobiologia ou não se lembram é um espantoso 83,3%. Apesar de ser um alto índice é fácil de ser explicado. Assim como acontece em qualquer colegiado onde seus professores são doutores, é natural que um doutor leia muito sobre artigos de sua área de atuação. Por isso, esse número nada mais reflete que a atuação dos docentes, ou seja, a maioria está muito focada em sua área de pesquisa, não saindo da mesma. Por outro lado, esse número reflete também que há professores que além de ler artigos de sua área, se interessam em ler sobre aplicações da Biologia em outras áreas.

Outro detalhe a ser observado na questão acima é que se os docentes do colegiado de Ciências Biológicas estão envolvidos com disciplinas e atividades da Biologia, então, falta um profissional para ministrar a disciplina Astrobiologia

na 6b. Se sim, qual (is) fonte (s) você teve acesso ao trabalho científico?
3 respostas

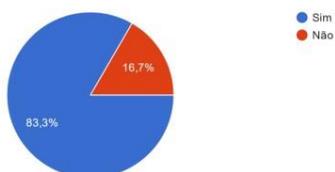


graduação. Aqui, mostramos a importância da maioria dos docentes do Colegiado de Ciências Biológicas encorajar a participação dos alunos em projetos de Astrobiologia e a importância de projetos como os apresentados pelo NEPA. Do diálogo entre o Colegiado de Ciências Biológicas e o NEPA rendeu dez projetos de Astrobiologia e um Trabalho de Conclusão de Curso, isso sem falar nos artigos submetidos, resumos em anais, participações em Congressos Científicos Nacionais e no SECAM – Simpósio de Educação em Ciências na Amazônia.

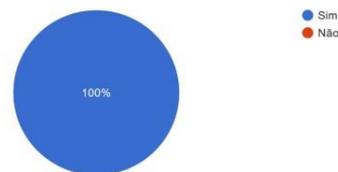
Quanto às fontes de acesso aos trabalhos científicos, para surpresa nossa, nenhuma fonte acadêmica foi citada. Agora entendemos porque os alunos da graduação - quando se tornam professores do Ensino Básico - não usam fontes acadêmicas para consultarem sobre Astrobiologia: eles não criaram esse hábito ao longo de todo o curso. Aqui, reforçamos nossa tese: a introdução de uma disciplina optativa “Fundamentos de Astrobiologia” – por exemplo, sanaria a deficiência dos alunos quanto à busca por fontes confiáveis a respeito do tema Astrobiologia. Claro, como não há um especialista em Astrobiologia no Colegiado, então, fica complicado esperarmos que haja alguma consulta mais específica. Outra sugestão que deixamos aqui é a introdução de Palestras e seminários de Astrobiologia. Essas duas atividades certamente irão contribuir muito para o desenvolvimento dos acadêmicos no âmbito dos fundamentos da Astrobiologia.

Na sequência, perguntamos aos entrevistados sobre a introdução da Astrobiologia no Ensino Fundamental I, II, Ensino Médio e EJA, respectivamente.

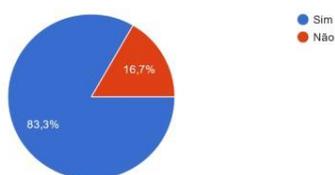
7a. Em sua opinião a Astrobiologia poderia ser ensinada no Ensino Fundamental I?
6 respostas



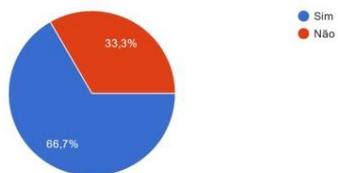
8a. Em sua opinião a Astrobiologia poderia ser usada no Ensino Fundamental II?
6 respostas



9a. Em sua opinião a Astrobiologia poderia ser ensinada no Ensino Médio?
6 respostas



10a. Em sua opinião a Astrobiologia poderia ser ensinado na E.J.A?
6 respostas



Quanto à introdução de tópicos de Astrobiologia nos quatro níveis - Ensino Fundamental I (EFI), Ensino Fundamental II (EFII), Ensino Médio (EM)

e Educação de Jovens e Adultos (EJA) - a maioria entendeu ser completamente viável abordar temas que tangenciam a Astrobiologia em sala de aula. Chamou nossa atenção três aspectos, a saber: i) Tanto no EFI quanto no EM, tivemos respostas negativas. Os mesmos entrevistados que responderam não ser viável o Ensino de Astrobiologia nos anos iniciais do Ensino Fundamental são os mesmos que também vetaram a inserção da Astrobiologia no Ensino Médio. Coincidentemente nos primeiros e nos últimos anos da formação dos estudantes. Essa resposta é mais política a que educacional, isto é, “marcar território”. Quando os professores do EFI e EM ensinam que fotossíntese, incidência de luz solar, camada de Ozônio, efeito estufa, entre outros fenômenos é Biologia e não Astrobiologia, o aluno grava que Biologia é mais importante e futuramente muitos daqueles estudantes são inclinados a seguirem carreira nas Ciências Biológicas. Aqui, acontece um fenômeno interessante, o aluno além de esquecer que a Terra é um planeta e que nós estamos no Sistema Solar, ele também começa a gravar em sua memória de longo prazo que Astrobiologia é da áreas de exatas e que a mesma não tem relação alguma com as biológicas; ii) No entendimento de 33,3%, a principal meta da EJA é preparar os jovens e adultos para o mercado de trabalho e não para questões acadêmicas. Este tipo de pensamento vai contra todos os princípios educacionais e acaba produzindo leigos funcionais – adultos que sabem ler e escrever, mas não conseguem adentrar a profundidade da ciência Biologia e também não consegue contemplar a importância da Astronomia. Neste grupo, é comum os alunos afirmarem “se o Sol está tão longe, por qual razão eu tenho que me preocupar com ele? Preciso preocupar-me com o que está aqui na Terra, pois, é aqui que eu tiro o meu sustento.” - por mais que este tipo de afirmação tenha um pingô de realidade, o fato é que o Sol (aquele que está muito longe!) é a nossa principal fonte de

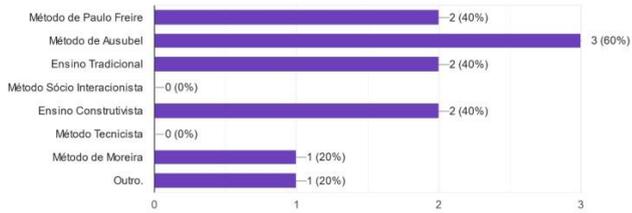
energia pura (energia solar). Em um mundo tecnológico, onde se fala muito de desenvolvimento sustentável, casas inteligentes, telhados que usam painéis para captar energia solar, zonas de plantio que usam mecanismos de armazenamento de energia solar para gerar estufa e manter a temperatura interna do recipiente, entre tantas outras aplicações tecnológicas que tornam a energia mais acessível sem destruir o meio ambiente é mister ter informações sobre o Sol. Prova disso que as principais empresas contratam profissionais de todas as áreas, incluindo Astrobiologia, para realizarem estudos de impacto ambiental. Desta maneira, se o adulto quiser ganhar dinheiro, certamente as informações da Astrobiologia poderá complementar os conhecimentos de Biologia e vice-versa. Esclarecemos que em momento algum a Astrobiologia substitui a Biologia ou vice-versa, ambas são igualmente importantes para o avanço científico-tecnológico de uma nação. Embora a Biologia seja considerada uma ciência básica, ela é tão interdisciplinar e multidisciplinar que a Astrobiologia. Interessante que na reforma do Ensino Básico, que começou a ser implementado nas Escolas em 2022, o aluno pode escolher Biologia e Astrobiologia perfeitamente. Um não anula o outro. Há de se dizer também a outra face da moeda, i.e., a partir do momento em que o sistema educacional brasileiro fragmentou a Astronomia então, o estudo de muitos fenômenos foram redirecionados e alocados nas disciplinas básicas. Assim, quando um professor de Biologia ensina - por exemplo - ciclo da água ou ciclo do No_x e fala para os alunos que tais assuntos são da Biologia, pois os mesmos estão no livro de Biologia, esse posicionamento acaba acarretando um certo estranhamento e desconforto nos alunos. Os quais imediatamente podem indagar ao professor: “de onde vem a água? De onde vem o nitrogênio?”. Muitos professores de Biologia com o intuito de manterem a tese deles de que o assunto é do âmbito da Biologia responde que a água existe porque a Terra é rica em

água e nitrogênio está presente porque a atmosfera terrestre apresenta uma certa variedade de gases. Em suma a argumentação do professor está centrada na Terra (habitat do homem). Ele poderia simplesmente dizer “é assim porque a natureza nos presenteou com tais elementos.”. Tanto o primeiro quanto o segundo argumento são igualmente vazios. Levando o aluno a sair da aula com mais perguntas a que respostas. Talvez o professor responda “sou professor de Biologia, dúvidas sobre elementos químicos, perguntem ao professor de Química de vocês”, esta resposta é mais uma vez vazia e induz o aluno a pensar que Oxigênio, Nitrogênio, água, carbono sejam produtos que se encontram na farmácia da esquina – e não é assim! Certamente, se o atual professor de Biologia do Ensino Básico tivesse uma disciplina de Astrobiologia ao longo da graduação, a resposta dele seria bem diferente: “A água é formada por hidrogênio e oxigênio, ambos são gases, assim como o nitrogênio. Entre todos os elementos químicos da tabela periódica, seis são essenciais para o surgimento da vida como a conhecemos. São eles: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo e enxofre. A exceção do hidrogênio, todos os demais elementos são fabricados no interior de estrelas. Se aqueles elementos se encontram em abundância aqui na Terra é porque nosso planeta reuniu condições físico-químicas e biológicas para mantê-los. Um exemplo disso é a questão do planeta Terra estar na zona de habitabilidade e, conseqüentemente, ter uma temperatura intermediária. Ou seja, não é tão fria, mas também não é tão quente a ponto que a água, o nitrogênio e os demais elementos evaporem. Outro fator determinante é a composição do disco proto planetário que originou a Terra. Certamente, tal disco apresentava abundância de muitos daqueles elementos químicos.”. Claro, o professor não precisa responder com tantos detalhes assim, entretanto, é notória a completeza da informação. Agora o aluno sairá da aula conectando as informações externas e internas. Isto

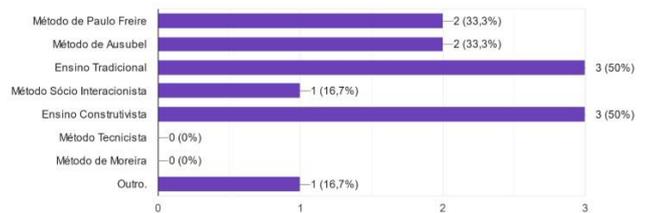
é, os agentes externos influenciaram e influenciam os agentes internos e no final temos um planeta que passou por etapas no processo evolutivo saindo de uma fase inicial na qual a Terra primitiva era constantemente bombardeada de meteoros. E evoluiu até os dias atuais, onde a Terra já apresenta temperatura mais agradável, amena, crosta terrestre, atmosfera espessa, etc.. Todos estes detalhes que enriquecem a argumentação se perderam a partir do momento que a Astronomia foi diluída nas ciências básicas. Por isso, nestes termos – com a ausência da Astronomia na grade curricular do Ensino Básico, a melhor resposta é dizer que o estudo de muitos tópicos são do âmbito da Biologia, pois estão ligados diretamente às condições necessárias e suficientes para o surgimento, evolução e distribuição da vida em nosso planeta; iii) o mesmo grupo que vetou o Ensino de Astrobiologia no EFI e EM, afirmou ser a favor da inserção de conceitos de Astrobiologia no EFII. Ora, se no EM os estudantes apresentam maior maturidade e estão prontos para se aprofundarem em assuntos científicos, por qual razão iríamos vetar a Astrobiologia no EM (onde podemos ter discussões mais profundas sobre o que é vida e como a Biologia apresenta uma característica universal, ou seja, a fotossíntese que acontece aqui na Terra seria a mesma que acontece em outros planetas?). De qualquer forma, quando os entrevistados respondem que a Astrobiologia deveria ser vista de maneira superficial no EF2, automaticamente são desencadeadas indagações que levam os alunos a entrarem no EM e na primeira aula de Biologia, quando o professor diz que “a palavra Biologia significa o estudo da vida...”, antes mesmo do professor concluir sua fala, o aluno já pergunta: “O que é vida, professor?” Então, ficamos diante uma situação similar aquela na qual se pergunta quem nasceu primeiro, o ovo ou a galinha? Em suma, para se ensinar ciência, temos

que ser capazes de fornecer uma base sólida aos alunos e, ao mesmo tempo, encorajá-los a sempre questionarem.

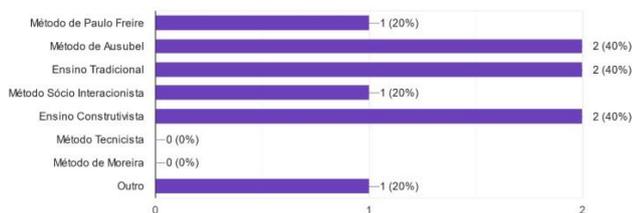
7b. Qual (is) metodologia (s) você usaria?
5 respostas



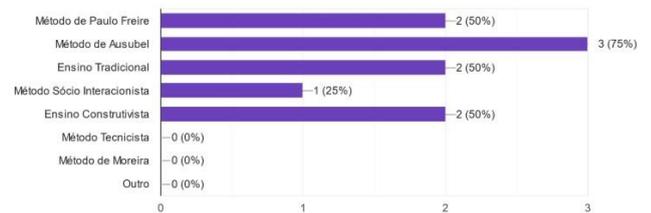
8b. Se Sim, qual (is) metodologia (s) você usaria?
6 respostas



9b. Se sim, qual (is) metodologia (s) você usaria?
5 respostas



10b. Se sim, qual (is) metodologia (s) você usaria?
4 respostas



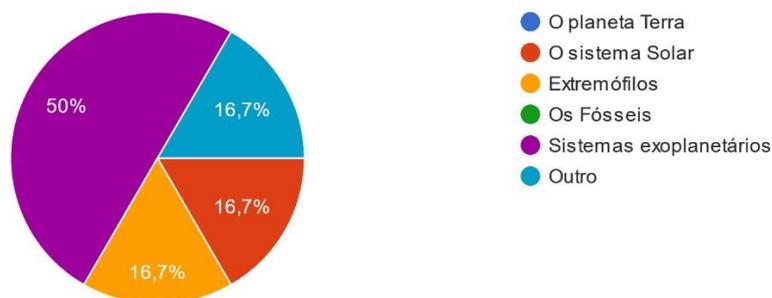
É interessante como a metodologia tradicional está fortemente presente em todas as respostas. O mesmo comentário aplica-se ao Método de Ausubel, o qual se mostra como o preferido dos professores. Se por um lado Ausubel permite aos alunos o domínio sobre a base conceitual da Astrobiologia, por outro lado, a metodologia tradicional faz o oposto – inserindo lacunas e distorções conceituais. Mais uma vez insistimos “não se aprende ciência alguma sem a interação com o objeto de estudo.” - ou seja, passar vídeos, slides e/ou documentários para os alunos, ficar somente na escrita na lousa ou pedir para os alunos reproduzirem uma maquete sem qualquer questionamento prévio - são atividades que não exigem um grande esforço por parte do aluno, razão pela qual é denominada aprendizado passivo. Tal categoria não produz uma aprendizagem significativa.

Por outro lado, ministrar palestras, promover diálogos e debates, encorajar os alunos a questionarem vídeos, slides, documentários e maquetes,

levar os alunos a proporem suas próprias maquetes, etc., são atividades que exigem um grande esforço do estudante, são portanto denominadas aprendizagem ativa.

11. Para você, qual o objeto de estudo da Astrobiologia?

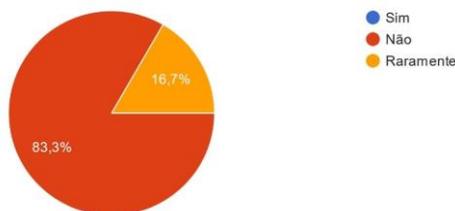
6 respostas



Quando perguntamos qual é o objeto de estudo da Astrobiologia, a metade dos entrevistados apontaram “sistemas exoplanetários”. É interessante pois, o estudo de exoplanetas está constantemente na mídia, para quem alegou nunca ter ouvido falar de Astrobiologia, a resposta foi bem atual. Apesar dos entrevistados terem ampla formação na área de Biologia, o item fósseis não foi lembrado como objeto de estudo da Astrobiologia. Aliás, a busca por bioassinaturas é tão ativa quanto a busca por exoplanetas. Outro detalhe que chamou nossa atenção é o fato de 16,7% reconhecerem que o planeta Terra é também objeto de estudo da Astrobiologia. Essa percepção não diminui a importância da Biologia, pelo contrário, aumenta a importância da Biologia não somente como ciência básica quanto como mola propulsora para o avanço da tecnologia. Muitas questões foram primeiramente resolvidas e/ou descobertas no âmbito da Biologia e depois expandidas para a Astrobiologia ou se deram no sentido reverso. Por exemplo, primeiro a Biologia nos apontou como ocorre a circulação

sanguínea, depois, anos depois, com essa informação, a Astrobiologia teve as primeiras missões tripuladas.

12. Você encontra informações sobre Astrobiologia nos livros didáticos dos anos regulares-Ensino Fundamental até o Ensino Médio?
6 respostas

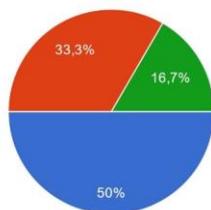


Quando questionados sobre a existência de informações de Astrobiologia nos livros didáticos, os mesmos 16,7% dos entrevistados - que haviam respondido na pergunta 11 que a Terra é um objeto de estudo da Astrobiologia – marcaram que “raramente” há alguma informação sobre Astrobiologia nos livros didáticos. Ou seja, este grupo sabe que tem algumas informações dentro do âmbito da Astrobiologia, mas esperam mais profundidade e/ou clareza nas informações. Esse resultado é interessante e mostra-nos o quanto o Professor de Biologia precisa de materiais paradidáticos. Uma solução que nós apontamos é que os professores façam uso das cartilhas e atividades lúdicas que o NEPA disponibiliza gratuitamente. Como sabemos, é impossível contemplar em um único livro todos os assuntos abordados nos conteúdos programáticos da Biologia. A saída é propor atividades extra sala de aula aos alunos, sendo as leituras complementares as mais indicadas. Não classificamos os “trabalhos” sugeridos” por professores como uma atividade válida para o aprendizado do estudante. Pois, na grande maioria das vezes, tais trabalhos ou são muito superficiais, ou contêm informações muito específicas sendo apresentadas de maneira totalmente fragmentada e fora de ordem.

Por outro lado, a maioria dos entrevistados afirmou “não” encontrar quaisquer informações sobre Astrobiologia nos livros didáticos do Ensino Regular. Essa resposta é um tanto estranha, pois, como veremos abaixo, tanto a BNCC, quanto o PCN possuem vários pontos sobre Astrobiologia.

13. A internet ajuda ou atrapalha a preparação das aulas dos professores, do Ensino Superior, ao abordar temas sobre a Astrobiologia?

6 respostas

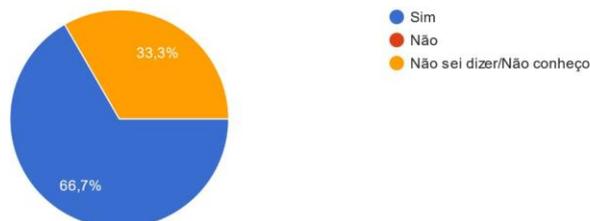


- Ajuda, o acesso às plataformas digitais de artigos científicos facilita a...
- Ajuda, facilita o acesso dos alunos aos materiais disponíveis.
- Ajuda, pois, complementa de forma significativa a elaboração das aulas f...
- Atrapalha. Existem muitas informações que não condizem com o meio científ...
- Atrapalha. O acesso às informações são limitados e a maioria dos artigo...

Quando questionados sobre a função exercida pela internet na preparação de aulas pelo Professor, 16,7% dos entrevistados identificaram que de fato há muitas “informações” na internet, porém, as mesmas não condizem com o meio científico. Logo, causam mais confusão a que esclarecimento, razão pela qual esse grupo afirmou que a internet atrapalha na preparação de aulas. Outro grupo se posicionou favoravelmente ao uso da internet na preparação das aulas. Segundo este grupo, a internet ajuda, pois, facilita o acesso dos alunos aos materiais disponíveis. Aqui, chamamos a atenção para o fato de que é função do Professor fazer a triagem das páginas (sites) confiáveis e repassar estas informações aos alunos (através do planejamento escolar). Se o Professor simplesmente repassa aos alunos a tarefa de fazer a triagem dos conteúdos que estão na internet, o resultado certamente não se refletirá em aprendizagem significativa. E um terceiro grupo, metade dos entrevistados, afirmou que internet ajuda, uma vez que através da mesma ele (Professor) tem acesso às

plataformas de conteúdo científico. Sublinha-se que esta é a postura esperada por um Professor - primeiro ele consulta os conteúdos científicos, faz a triagem e por fim, repassa aos alunos os sites e assuntos que os estudantes deverão ler como atividade complementar.

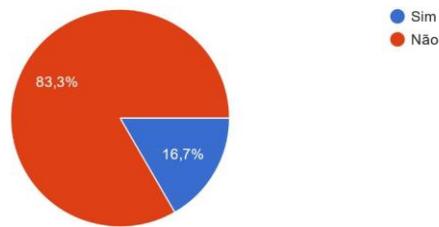
14. Na universidade em que você leciona, existem projetos voltados para a área de Astrobiologia?
6 respostas



Aqui, uma resposta esperada, a maioria dos docentes do curso de Ciências Biológicas do CESP reconhecem que há projetos voltados para a área de Astrobiologia na UEA. Esta maioria é justamente, aquela maioria dos docente do colegiado que apoiaram-me e me incentivaram. A minoria que responderam “não saber dizer” simplesmente reforçaram a ignorância científica de quem ignora toda e qualquer ação fora do seu colegiado, querendo impor aos alunos que se fixem somente nos projetos dos professores do curso. O CESP é uma unidade pequena, há 84 professores no total, todos se conhecem. As atividades dos projetos seja de Iniciação Científica, seja da extensão (PROEX) são amplamente divulgados na unidade de Parintins. Alunos do curso de Ciências Biológicas são bolsistas no NEPA, que existe há uma década no CESP. Portanto, para um professor dizer que “não sabe dizer ou não conhece” ou é porque o mesmo nunca colocou os pés no CESP, ou é o mais óbvio – são pessoas que preferem ignorar toda e qualquer atividade que não seja e/ou não ocorra dentro de seu colegiado. É lamentável como aluna da UEA tomar ciência que há pessoas tão míopes dentro do meu curso, e é muito gratificante

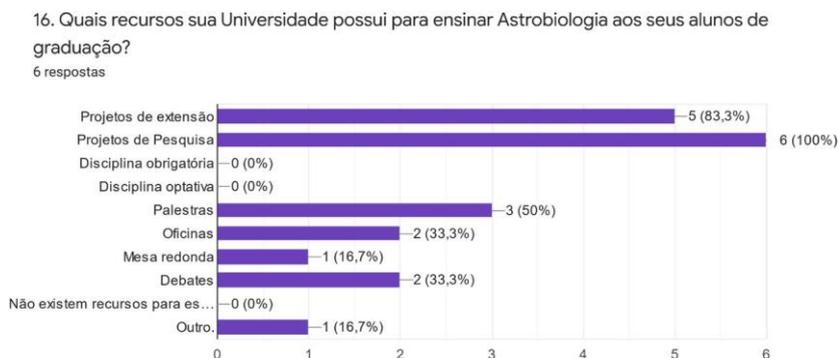
saber que a maioria dos meus professores são pessoas esclarecidas, sabem o que significa a palavra “Universidade” e dialogam com outros professores e projetos existentes no CESP, encorajando a nós alunos a participarmos nas oportunidades que surgem na UEA. Isso é importantíssimo para nós alunos, como falamos, o colegiado tem 9 professores, mas, não são todos professores que apresentam propostas de projetos científicos. Assim, ao ano há pouquíssimas oportunidades para os alunos serem bolsistas em projetos de IC e ou PROEX. Cada turma tem em média 30 alunos a cada ano, e a cada ano temos 5, talvez, com muita sorte 7 bolsas de IC e PROEX. Então, uma boa saída para nós alunos é a existência de projetos fora do colegiado de Ciências Biológicas e cuja temática valorize o estudo da Biologia. Os estudantes que não conseguem vaga na IC e na PROEX acabam migrando ou para o PIBID ou para a residência pedagógica. Estes dois últimos programas nos dão apenas a oportunidade em vivenciar o Ensino de Biologia nas Escolas, não permitindo-nos aplicar ou aprofundar os fundamentos de Biologia, haja vista que a coordenação destes programas exige que nós cumpramos estritamente o conteúdo programático contido nos livros. A questão não é dizer se está certo ou errado, e sim questão de oportunidades para aprimorarmos nossa formação. Por mais que aquela minoria não apoie, a participação dos estudantes em IC e PROEX dá-nos uma visão mais ampla da Biologia. Muitas vezes é a oportunidade de aprendermos coisas que não teríamos oportunidade de aprender na grade curricular – Astrobiologia é um exemplo. Se eu aprendi algo foi porque eu me engajei nos projetos do NEPA. Por isso, a decisão da maioria dos professores em apoiar nós alunos é importantíssima.

15. O seu colegiado/departamento, encontra-se engajado na área de Astrobiologia?
6 respostas



Aqui, mais uma vez, notamos a questão de conflitos de interesse. Como não há alguma disciplina (mesmo que optativa) na grade do curso que contemple a Astrobiologia e como os projetos desta área são desenvolvidos fora do colegiado, então, a maioria entende que o Colegiado de Ciências Biológicas não está engajado na área de Astrobiologia. Ainda é notória a percepção de que a Astrobiologia e Biologia são ciências completamente distintas e muito distantes uma da outra. Como aluna do curso de Ciências Biológicas e como bolsista em dois projetos de IC em Astrobiologia e voluntária em um projeto da PROEX em Astrobiologia eu afirmo com toda convicção que saber Biologia ajudou-me imensamente a entender a Astrobiologia e a Astrobiologia contribui bastante para que eu me aprofundasse ainda mais na Biologia. A minoria dos entrevistados que respondeu que há engajamento do colegiado na Astrobiologia corresponde justamente aos professores que dialogam com os demais docentes do CESP e participam ativamente de editais como IC e PROEX incentivando nós alunos a participarmos destes. Vale ressaltar aqui que NEPA é um local no qual os projetos foram desenvolvidos, os alunos continuam fazendo parte de seu respectivo curso. No meu caso, por exemplo, participei de um projeto em Astrobiologia em 2018/2019, os programa de projetos extensionista é da PROEX, eu sou aluna das Ciências Biológicas e o local onde eu desenvolvi o

projeto foi no NEPA. Em 2019/2020 e em 2020/2021 eu participei de dois projetos de IC em Astrobiologia - o programa de IC da UEA é o PAIC (coordenado pela PROPESP/UEA), eu sou aluna das Ciências Biológicas e o local onde eu desenvolvi os projetos de IC foi no NEPA. Esse entendimento é importante, pois, a partir do momento que uma aluna do curso de Ciências Biológicas ingressa em um projeto de Astrobiologia, ela carrega consigo o colegiado ao qual ela pertence. O NEPA não está vinculado a colegiado algum, é uma unidade independente, a qual dialoga com todos os cursos da UEA e apresenta projetos em todas as áreas da Astronomia, uma delas é a Astrobiologia. Para eu fazer meu TCC em Astrobiologia, o Colegiado se reuniu e votou favoravelmente à realização deste trabalho que estou apresentando. Por isso, reforçamos que o posicionamento aberto e multidisciplinar do Colegiado de Ciências Biológicas é primordial, uma vez que ele nos ampara permitindo que todos alunos usem suas participações e experiência em outros projetos na elaboração de nosso TCC.



Por fim, perguntamos aos entrevistados se a Universidade possui algum recurso para ensinar Astrobiologia aos seus alunos. Notamos que todos os entrevistados responderam uma ou outra atividade. Ora, para quem afirmou anteriormente não saber das atividades de Astrobiologia, estão muito bem

informados, pois, a UEA tem projetos de extensão (PROEX) voltados para a Astrobiologia, tem projetos de Pesquisa IC - voltados para a Astrobiologia (note que foi 100% dos entrevistados que marcaram este item, então todos sabem da existência de ações no CESP voltadas para a Astrobiologia), palestras, oficinas, mesas redondas, debates, etc, são todas ações que há na UEA, e eu pude participar de todas, inclusive foi eu mesma quem sugeri ao meu orientador que fizéssemos muitas dessas atividades como palestras, oficinas, mesas redondas, debates, participação na Semana de Ciências Biológicas do CESP.

Temos que ponderar que se Astrobiologia é uma ciência emergente a nível de Brasil, quanto mais à nível de Amazonas. Ou seja, tudo que foi construído e apresentado neste TCC são frutos do diálogo entre Colegiado de Ciências Biológicas e o NEPA. Tal diálogo começou em 2018 e culminou nesta monografia. E quatro anos é um tempo relativamente curto para que um curso consolidado como Ciências Biológicas apresente linhas tão diversas. De fato, foi uma decisão ousada do Colegiado de Ciências Biológicas. Esperamos que este diálogo continue e que futuramente a grade curricular do curso de Ciências Biológicas ofereça aos seus alunos a Astrobiologia como disciplina optativa.

Como estudante de Ciências Biológicas e como Mulher sinto-me honrada em poder fazer parte desta história, foram quatro anos intensos vivendo e respirando Astrobiologia. Ao longo deste quadriênio, meu orientador me comunicou que um de meus trabalhos foi indicado para concorrer ao renomado Prêmio Patrícia Tomkins, e pude levar o nome da UEA e do meu Colegiado para o exterior. Eu não ganhei a premiação daquele ano. Mas, somente o fato de: a) ter o reconhecimento de meu esforço e de meu trabalho; b) poder representar as Mulheres (brasileiras e amazonenses) pesquisadoras na Ciência; c) representar as Mulheres pesquisadoras em Astrobiologia - são motivos de

muito gratidão a todas as oportunidades que a UEA, o Colegiado de Ciências Biológicas e o NEPA me proporcionaram.

neliosasaki@gmail.com

Institute at which laboratory work was conducted*

Nucleus of Teaching and Research in Astronomy

A short report from the student on the instrumentation project ?*

report_1lcleane_NEPA.pdf 183.76 KB

REMOVE

Upload requirements

Covering letter from the supervisor or academic tutor*

letter_1lcleane_NEPA.pdf 93.2 KB

REMOVE

Upload requirements

SAVE DRAFT SUBMIT

Figura 9: Formulário enviado pelo meu supervisor (orientador) à Royal Astronomical Society.

Até aqui, ouvimos a opinião dos discentes, dos docentes e agora iremos expor a opinião dos Professores do Ensino Básico. Com tal finalidade, a aplicação dos questionários se deu presencialmente, uma vez que a SEDUC-AM, retomou as atividades presenciais. Diferentemente dos questionários aplicados aos docentes da UEA, que responderam um formulário on-line. Ponderamos que ao visitarmos as Escolas, muitas vezes o Professor de Biologia não fica presente na instituição até o intervalo das aulas, além do mais, as Escolas visitadas possuem apenas 1 professor de Biologia. Ao todo, foram visitadas 3 escolas que ofertam o Ensino Médio, logo, somente 3 professores responderam ao questionário. Vejamos as respostas deles.

1. Você já ouviu falar em Astrobiologia?
3 respostas



Logo na primeira pergunta, todos os entrevistados declararam já terem ouvido falar sobre Astrobiologia. Esse é um ponto importante, pois, os Professores já se posicionam dizendo que o tema Astrobiologia não é novidade para eles. Aqui podemos até questionarmos: se eles se formaram ou na UEA ou na UFAM e nestas instituições não havia qualquer atividade voltada para a Astrobiologia, então, de onde os professores do Ensino Básico obtiveram estas informações?

Para entendermos melhor o cenário da Astrobiologia nas Escolas, perguntamos sobre a importância da Astrobiologia na formação de seus alunos. Mais uma vez, todos os entrevistados concordam que a aquisição de conhecimentos em Astrobiologia é de fundamental importância para a formação de seus alunos.

2. Em sua opinião, a Astrobiologia é útil para a formação de estudantes da Educação Básica?
3 respostas



Como os professores entrevistados trabalham no Ensino Médio, então, todos eles responderam que abordam tópicos de Astrobiologia no EM. A grata

surpresa é tomar ciência que em uma amostra totalmente aleatória, professores diferentes, de Escolas diferentes, sinalizaram positivamente para a inserção de tópicos de Astrobiologia no EM, mais ainda, eles mesmos (os professores) são os intermediadores deste conhecimento.

3. Em que momento você professor (a) aborda tópicos de Astrobiologia em sala de aula?

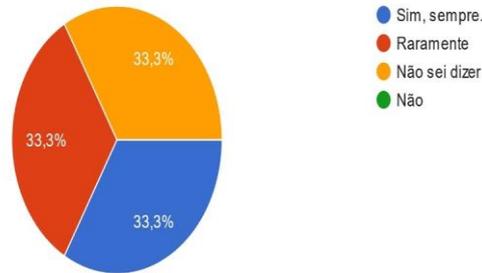
3 respostas



Se por um lado o Professor do Ensino Médio é cobrado pelo cumprimento de todo o conteúdo programático, haja vista que seus alunos estão em preparação para o vestibular; por outro lado é muito bom notar que há algo sendo realizado no sentido de levar mais informações atuais aos estudantes e mostrar muitas aplicações desta vasta Ciência chamada Biologia. Entretanto, a questão é – quando os professores de Biologia fazem seus planos de Ensino e entregam às coordenações pedagógicas das suas Escolas, os planos de Ensino em geral são norteados pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e agora pela BNCC – Base Nacional Comum Curricular. Sendo assim, perguntamos aos Professores da Educação Básica se a BNCC contempla assuntos sobre Astrobiologia.

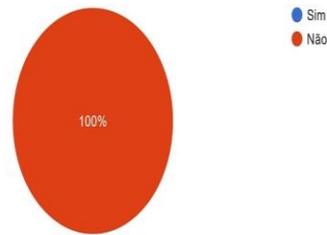
4. A BNCC, em sua opinião, contempla assuntos relacionados a Astrobiologia?

3 respostas



Neste quesito, 66,6% dos entrevistados ou não souberam dizer ou afirmaram que “raramente” a BNCC contempla tópicos sobre Astrobiologia. Ora, como pode um professor trabalhar Astrobiologia no Ensino Médio e não saber onde estas informações estão na BNCC? Este resultado mostra claramente que a maioria não sabe o que significa o termo “Ensino de Astrobiologia”. Mais ainda, assim como os atuais professores do Ensino Médio não tiveram qualquer formação ao longo de sua graduação sobre Astrobiologia, a resposta acima mostra que a distorção a respeito do que seja esta ciência está sendo propagada e levada para as salas de aula. Claramente há fortes evidências de que os entrevistados não possuem a menor ideia do que significa o teor das perguntas. Para nos certificarmos de que os entrevistados realmente não sabem o que responderam, perguntamos se algum deles conhecem algum astrobiólogo, a resposta foi uma unânime negativa. Não conhecer algum atuante na área de Astrobiologia é uma informação perigosa. É equivalente à pessoa dizer que cursou Ciências Biológicas e não conhece nenhum profissional que atue na Biologia.

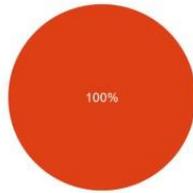
5. Você conhece algum Astrobiólogo?
3 respostas



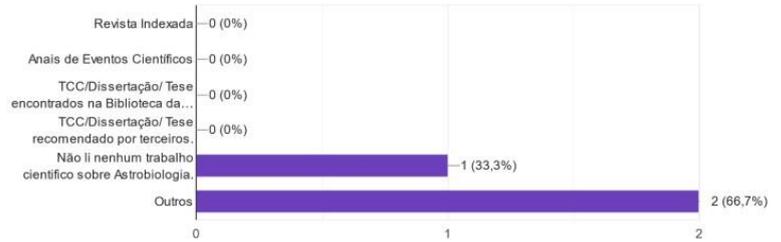
Claro que em momento algum esperamos que todos saibam quem são os Astrobiólogos. A questão não é essa. Antes, se um professor afirmou abordar tópicos de Astrobiologia no EM, a questão é em qual fonte o professor buscou as informações sobre os tópicos que ele disse ter abordado? Se há uma fonte (ou mais) então, é porque o professor leu o trabalho de alguém. Por isso, perguntamos aos entrevistados se eles já leram algum trabalho científico em Astrobiologia. Resposta? Um unânime “não”. Nenhum dos professores leram, em momento algum de suas vidas, um trabalho científico sobre Astronomia.

Claramente, há uma grande incompatibilidade nas respostas. Com o intuito de nos assegurarmos quais fontes são buscadas pelos entrevistados, perguntamos quais fontes de trabalhos científicos eles tiveram acesso. Mais uma vez, notamos que nenhuma das opções referentes a trabalhos científicos foi selecionada. Além do mais, 66,7% afirmaram buscar em “outras fontes” informações sobre Astrobiologia.

6a. Já leu algum trabalho científico em Astrobiologia?
3 respostas



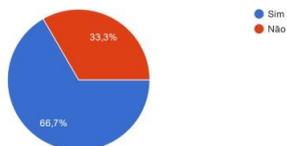
6b. Se sim, qual (is) fonte (s) você teve acesso ao trabalho científico?
3 respostas



É salutar a iniciativa por parte dos professores em querer buscar informações sobre Astrobiologia. Porém, uma busca totalmente aleatória, sem critérios científicos - só na base da curiosidade e da ficção científica – não pode ser classificada como tópicos de Astrobiologia.

Na sequência, perguntamos aos entrevistados se, na opinião deles (Profissionais da Educação) a Astrobiologia poderia ser abordada nos quatro níveis EFI, EFII, EM e EJA.

7a. Em sua opinião, a Astrobiologia poderia ser ensinada no Ensino Fundamental I?
3 respostas



8a. Em sua opinião, a Astrobiologia poderia ser ensinada no Ensino Fundamental II?
3 respostas



9a. Em sua opinião, a Astrobiologia poderia ser ensinada no Ensino Médio?
3 respostas



10a. Em sua opinião, a Astrobiologia poderia ser ensinada no E. J. A?
3 respostas

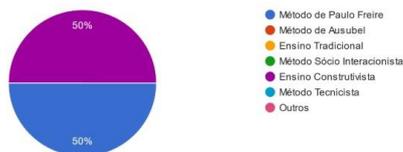


Embora todos tenham concordado que a Astrobiologia possa ser abordada em todos os níveis da Educação Básica, 33,3% dos entrevistados classificou que tais tópicos como impróprios para os estudantes do Ensino Fundamental I.

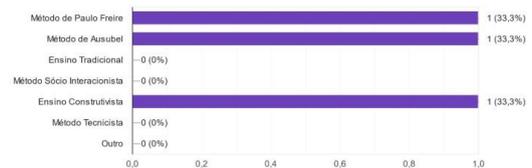
Ora, frequentemente os Centro de Educação Infantil promovem projetos nos CEIs tais como: A semana do meio ambiente; a semana do Planeta Terra; Ciclo da água; a semana das Plantas, etc. - todos são tópicos que tangenciam a Astrobiologia. Outro detalhe, se os entrevistados são unânimes na abordagem de tópicos de Astrobiologia no EFII, EM e EJA, então, de onde vem a fonte das informações que estão sendo passadas aos alunos? Haja vista que os próprios professores afirmaram não consultarem fontes científicas e – segundo eles a BNCC não contempla a Astrobiologia?

Uma vez que os entrevistados concordaram com a inserção de tópicos sobre Astrobiologia nos Ensinos EFI, EFII, EM e EJA, então, perguntamos a eles quais metodologias eles usariam e/ou acham apropriada para fazer a abordagem da Astrobiologia. Em resposta, temos dois pontos positivos, a saber: o método Paulo Freire foi muito citado em todos os níveis e o método tradicional não foi lembrado em nenhum dos níveis.

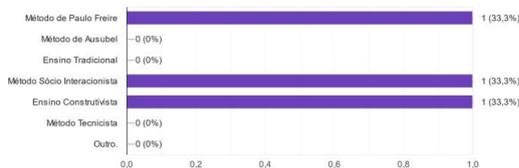
7b. Qual (is) metodologia (s) você usaria?
2 respostas



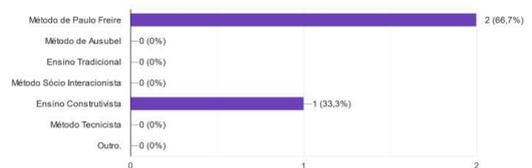
8b. Se sim, qual (is) metodologias você usaria?
3 respostas



9b. Se sim, qual (is) metodologia (s) você usaria?
3 respostas



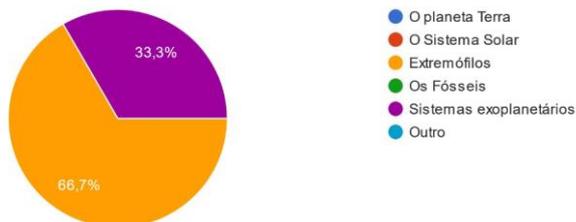
10b. Se sim, qual (is) metodologia (s) você usaria?
3 respostas



Também perguntamos aos entrevistados qual(ou quais) é(são) o(s) objeto(s) de estudo da Astrobiologia. Em resposta, a maioria respondeu que a Astrobiologia estuda somente extremófilos. A minoria afirmou que o objeto de estudo da Astrobiologia são os sistemas exoplanetários. Levando-se em consideração que todos os entrevistados possuem formação acadêmica em Ciências Biológicas e exercem a profissão de Professores de Biologia – em suas respectivas Escolas - em momento algum os entrevistados se lembraram que a Terra é um planeta (essa informação está escrita no questionário!) e como tal é objeto de estudo da Astrobiologia, também não foram lembrados “Sistema Solar” e “fósseis”. Este resultado apenas mostra que os professores de Biologia somente conseguiram perceber a Biologia tal qual está nos livros, não se atentando para outras aplicações desta vasta Ciência.

11. Para você, qual das opções abaixo melhor representa o objeto de estudo da Astrobiologia?

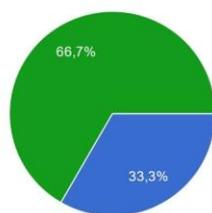
3 respostas



Na sequência, investigamos se os Professores de Biologia do Ensino Médio possuem o hábito de consultarem e avaliarem os livros didáticos que eles usam em sala de aula. Na questão 1, eles falaram que abortam tópicos de Astrobiologia em sala de aula. Também disseram na questão 6 que eles (professores de Biologia) não consultam fontes científicas para buscar informações sobre Astrobiologia. Sendo assim, perguntamos se eles encontram alguma informação sobre Astrobiologia nos livros didáticos. A maioria (66,7%

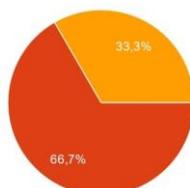
dos entrevistados) disseram que “não” há qualquer informação sobre Astrobiologia nos livros didáticos. E 33,3% dos entrevistados disseram que “não sabem dizer”. Estas respostas refletem o cenário no Ensino Médio, em que o professor fica esperando o livro trazer escrito em letras garrafais a palavra “Astrobiologia”. Como na capa do livro está escrito “Biologia”, então, não se espera encontrar tópico algum daquela ciência dentro da Biologia. Já a parcela que responder “não sei dizer” assim como o primeiro grupo, também espera estar escrito Astrobiologia no livro de Biologia. E como esse grupo não fez a avaliação do livro adotado, limitou-se a usar na sala de aula o mesmo livro que foi usado em sua formação quando aluno. Certamente se este último grupo tivesse analisado o livro-texto, o Professor de Biologia não responderia “ não sei dizer”. Em geral, os autores de livros didáticos elaboram suas obras de tal maneira que as mesmas contemplem a BNCC (e antes, o PCN). Logo, se Professor de Biologia não domina a BNCC e nunca avaliou um livro de Biologia, então, dificilmente ele saberá usar o livro que ele tem em mãos.

13. A internet ajuda ou atrapalha a aprendizagem dos alunos, da Educação Básica, ao abordar temas sobre a Astrobiologia?
3 respostas



- Sim, ajuda. Grande parte das informações estão disponíveis na Internet.
- Sim, ajuda. As plataformas de pesquisas científicas como o Google Scholar.
- Sim, ajuda. Nos últimos anos a Astrobiologia tem ganhado espaço.
- Sim, ajuda. A divulgação científica e a internet favorecem a aprendizagem.
- Não, atrapalha. Na internet estão presentes informações incorretas.
- Não, atrapalha. A internet favorece a aprendizagem.
- Não, atrapalha. O aluno não sabe fazer uso da internet.
- Não sei dizer

12. Você encontra informações sobre Astrobiologia nos livros didáticos dos anos regulares-Ensino Fundamental até o Ensino Médio?
3 respostas



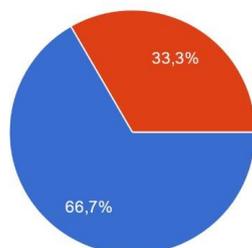
- Sim
- Não
- Não sei dizer

Outra informação relevante é como os Professores do Ensino Médio avaliam o papel da internet na aprendizagem dos alunos. Por unanimidade, todos concordam que a internet ajuda na aprendizagem dos alunos; 66,7% alegaram que na internet tem muitos materiais de divulgação científicas e curiosidades sobre Astrobiologia, ao passo que 33,3% falaram que a internet ajuda os alunos a aprenderem temas sobre Astronomia, pois, grande parte das informações estão disponíveis na internet.

A resposta acima é perigosíssima, reforçamos aqui nossa tese: “é função do Professor da Educação Básica fazer a triagem de sites, textos, vídeos e similares que ele (professor) indicar para estudo complementar aos seus alunos.”. A ausência de uma revisão sistemática por parte de um Profissional da Educação acarretará em muitos conceitos distorcidos, erros de definições, e ao final, os alunos terão tido acesso a um monte de informações que de científico não há nada. Para evitar a banalização da ciência, sugerimos fortemente a implementação de cursos voltados para os professores de Biologia, no qual, orientá-les a buscar de maneira segura e confiável por informações sobre Astrobiologia. Também recomendamos debates e palestras com os professores de Biologia sobre a BNCC e a Astrobiologia. Só a boa vontade dos professores em querer buscar informações a respeito de Astrobiologia e repassar as informações (sem triagem) aos estudantes – certamente não é um caminho seguro. É preciso que os Profissionais da Educação sejam mais criteriosos e apliquem a metodologia científica.

14. A internet ajuda ou atrapalha a preparação das aulas dos professores, da Rede Básica, ao abordar temas sobre a Astrobiologia?

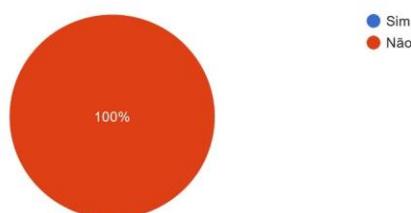
3 respostas



- Ajuda, pois, dispõe de muitas ferramentas que podem ser usadas...
- Ajuda, desde de que o professor use plataformas que contribuam para o I...
- Ajuda, pois facilita a visualização das aulas teóricas e práticas.
- Atrapalha, quando usada em sala de aula, a atenção dos alunos fica disp...
- Atrapalha, pois, aulas em sala de aula não apresentam necessidade de ac...

Em relação à preparação das aulas, todos os entrevistados concordam que a internet ajuda ao professor. A maioria (66,7%) afirmou que a internet ajuda pois dispõe de muitas ferramentas que podem ser usadas (Facebook, Google, Wikipédia, YouTube, etc.); 33,7% alegaram que a internet ajuda, desde que o professor use as plataformas que contribuam para o Letramento Científico. Apesar dos entrevistados terem citados plataformas populares e mencionado o letramento científico, temos que ponderar que um dos maiores desafios para quem lida com o Ensino remoto é deixar claro para seus alunos a diferença entre o que é Ciência e o que é ficção científica. Recurso como a realidade aumentada, RPG, entre outros ambientes imersivos fazem que o aluno seja tomado pelo que está sendo projetado para ele. Assim, a questão não é o uso de tais ferramentas e sim, como o Profissional da Educação irá orientar seus alunos. Quanto ao letramento científico, o primeiro passo que executá-lo é justamente ler e dominar a BNCC e, claro, dominar o livro-texto que se tem em mãos. Se o professor de Biologia não conseguiu identificar os tópicos de Astrobiologia presentes na BNCC e/ou no livro-texto, sugerimos que antes dele propor letramento científico, ele mesmo faça um curso de capacitação em Astrobiologia.

15. Durante sua formação, na graduação, você frequentou alguma disciplina relacionada a Astronomia ou Astrobiologia?
3 respostas



Esta resposta reflete exatamente o que nossos entrevistados estão tentando fazer. Nenhum deles teve em sua formação universitária qualquer contato seja com a Astronomia seja com a Astrobiologia. Logo, agora que são Professores do Ensino Médio, buscam levar para a sala de aula informações atuais. Mas não sabem como efetivamente fazer esse processo. Neste sentido, a partir do momento que o Colegiado de Ciências Biológicas abriu as portas para a Astrobiologia, então, esperamos que os futuros professores de Biologia saiam mais preparados para lidar com a Biologia em todos os níveis – nas Escolas.

Quando mencionamos a necessidade urgente de acolher os Professores de Biologia que estão em sala de aula e fornecer a eles ferramentas que viabilize a execução de letramento científico corretamente, a devida seleção de materiais suplementares para os estudantes, formas de enriquecer as feiras científicas e olimpíadas científicas que a Escola participa, entre outras ações, então, os Professores do Ensino Básico estarão em uma posição mais confortável para desenvolverem suas atividades com mais qualidade. No momento, em um cenário no qual o professor precisa estar vinculado a duas ou três Escolas para completar carga horária e/ou trabalhar em dois turnos na mesma Escola, fica inviável exigir que este Profissional consiga ministrar aulas em alto nível e inserir –

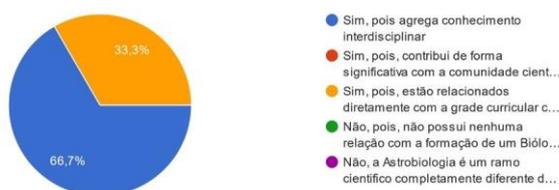
sempre que possível informações sobre Ciência e Tecnologia em suas aulas, colocando seus alunos a par do fascinante mundo da Astrobiologia.

De momento, estes Professores têm grande valor por terem dado o primeiro passo. Apesar de nunca terem tido contato com a Astrobiologia, ao perguntarmos qual o grau de dificuldade que em se abordar tópicos de Astrobiologia em sala de aula, todos os entrevistados avaliaram com grau de dificuldade intermediário a abordagem de tópicos de Astrobiologia em sala de aula.

16. Em sua opinião, falar sobre Astrobiologia em sala de aula está em qual nível de dificuldade?
3 respostas



17. Em sua opinião, os conhecimentos em Astrobiologia são úteis para a formação de um Biólogo ou para o avanço da Biologia?
3 respostas



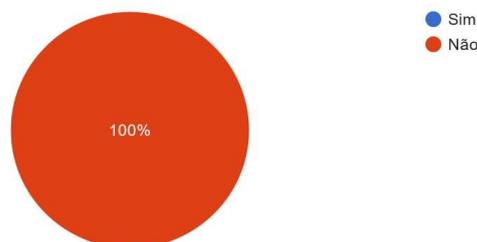
Interessante é que ao perguntarmos sobre os conhecimentos de Astrobiologia -eles são úteis para a formação de um Biólogo ou para o avanço da Biologia - os entrevistados concordam quanto à utilidade da aquisição deste conhecimento, entretanto essa opinião ficou dividida em dois grupos: um que compõe a maioria - alegou que os conhecimentos de Astrobiologia são úteis pois, agregam saberes interdisciplinares; e outro que afirmou que os

conhecimentos de Astrobiologia estão relacionados diretamente com a grade curricular do curso de Ciências Biológicas. Essa resposta surpreende, pois, como os entrevistados afirmaram em perguntas anteriores não haver nada de Astrobiologia em suas graduações e agora dizem que os conhecimentos de Astrobiologia estão em concordância com a grade curricular? A única explicação que temos é que os entrevistados consultaram as redes sociais antes de responderem ao questionário. Se esta tese estiver certa, então, somente o fato dos Professores de Biologia terem respondido ao questionário, instigou-os a buscarem respostas e esclarecimentos a muitas inquietações que surgiram neles. Por não saberem onde buscar as informações, eles recorreram às redes sociais, caminho mais prático e mais curto para se obter uma informação e ter alguma ideia do que se trata a Astrobiologia. Para nós, ficou clara a mudança do posicionamento dos entrevistados ao longo da aplicação do questionário.

Entretanto, quando perguntamos se os entrevistados realizam algum debate sobre tópicos ligados à Astrobiologia, em suas Escolas, todos eles responderam unanimemente que “não”. Estes são os mesmos agentes que no início do questionário afirmaram abordar tópicos sobre Astrobiologia em suas Escolas.

18. Você realiza debates em sua escola sobre os tópicos ligados a Astrobiologia?

3 respostas



É importante a realização de debates em sala de aula pois esta atividade ajuda a aniquilar de vez quaisquer fakenews, pseudociências, e afins – além de

clarear para os alunos o que é ficção científica e o que é ciência. Entretanto, somente o Professor de Biologia que tenha as ferramentas certas conseguirá sustentar uma discussão e esclarecer seus alunos, promovendo o letramento científico.



Quando questionamos quais materiais os entrevistados levam para a sala de aula para ensinarem algo sobre Astrobiologia, um respondeu microscópio e um respondeu “outro” (slides e maquetes). Pelo que percebemos aqui há uma mescla em não saber exatamente qual material usar, agregado à falta de tempo, pois a aula tem 50min e o conteúdo precisa ser ministrado; somado ainda a uma possível falta de laboratório de Biologia nas Escolas; e falta de noção sobre fundamentos de Astrobiologia.

20. Se você (professor (a)) recebesse um convite para participar de um curso sobre Astrobiologia você aceitaria?
3 respostas



Por fim, perguntamos aos entrevistados se eles aceitariam participar de um curso de Astrobiologia, mais uma vez, a resposta foi um unânime “Sim,

tenho interesse”. Ou seja, concluímos que há uma demanda, e para que consigamos atender a mesma é importantíssimo que a formação de material humano qualificado em Astrobiologia continue na Universidade. Da mesma maneira, é fundamental que a Universidade possa ir às Escolas, e vice-versa - que as Escolas possam ir até à Universidade.

5.2 Tópicos de Astrobiologia presentes nos PCNs, BNCC e OBA

Embora não seja uma imposição, é aconselhável que os professores de Biologia consultem os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), neste documento do Ministério da Educação (MEC) podemos encontrar as competências que os alunos deverão desenvolver ao longo de sua trajetória na Educação Básica. Vejamos o que diz os PCNs e, na sequência, enumeraremos os tópicos relacionados à Astrobiologia.

Em termos de PCNs, o documento do MEC pode ser encontrado acessando o link <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro091.pdf> , estão previstos entre outros pontos a questão da sustentabilidade, e aqui a questão levantada pela UNESCO, quem financiou os projetos que o NEPA desenvolveu na UEA, envolve o que denominamos “desenvolvimento sustentável”. Dentro deste tópico falamos, por exemplo de energia limpa, energia solar, entre outras modalidades de energia. Em particular, entender um pouco mais sobre o Sol – nossa principal fonte de energia é mister para a compreensão de inúmeras aplicações que fazem uso da energia solar. Desde telhados com placas alimentadas por energia solar, casas, automóveis, computadores inteligentes, até a construção de satélites e sondas espaciais que fazer uso da energia solar e tornam os dados da Astrobiologia mais acessíveis.

Outro ponto primordial da Astrobiologia que é contemplado nos PCNs é manter e preservar a diversidade do planeta Terra. Depois do que falamos nos capítulos iniciais desta monografia, estamos cientes que a Terra está na ZH do Sistema Solar, fato que confere muitas características favoráveis à manutenção da vida em nosso planeta. Porém, não adianta em nada os fatores externos serem favoráveis se a humanidade está a cada dia destruindo nossa fauna e nossa flora. Solos se tornando dia após dia terrenos desérticos, plantios em áreas não propícias sem qualquer técnica que favoreça a saúde do solo, ou alguma forma de se fazer um rodízio e descansar a terra, rios contaminados com petróleo, produtos químicos e demais detritos que colocam em risco a saúde dos seres aquáticos e do consumidor (é claro!), etc. Essas e muitas outras ações realizadas sem qualquer planejamento e/ou ciência fazem com que a vida se torne inviável em nosso planeta. Aos poucos, estamos perdendo a diversidade de nossa fauna e nossa flora.

Outro ponto igualmente importante é o fato de a humanidade explorar outro planeta (Marte, por exemplo) ou outro lugar (Lua, por exemplo) na tentativa de “explorar” a eles. É importantíssimo que nós enquanto humanidade possamos dominar urgentemente técnicas que permitam restaurar nossos mares, lagos e rios; revigorar nosso solo e estabelecer uma convivência saudável com o Sistema Solar. As missões espaciais podem nos dar esta expertise. Entender como planetas análogos à Terra evoluem, ajuda-nos a ter uma ideia de como se deu o processo da Terra primitiva e como nosso planeta se comportará em um futuro próximo.

Outros pontos do PCN que contemplam tópicos de Astrobiologia são: vida e ambiente; ser humano e saúde; tecnologia e sociedade; ciclos biogeoquímicos; ciclos da água, carbono e oxigênio; identificação de água potável; camada de Ozônio ;

inversão térmica; degelo; composição da atmosfera terrestre; compreensão do corpo humano e suas respostas ao ambiente diverso;

No Ensino Médio, citamos os seguintes tópicos:

✓ *Descrever processos e características do ambiente ou de seres vivos, observados em microscópio ou a olho nu.*

✓ *Perceber e utilizar os códigos intrínsecos da Biologia.*

✓ *Apresentar suposições e hipóteses acerca dos fenômenos biológicos em estudo.*

✓ *Apresentar, de forma organizada, o conhecimento biológico apreendido, através de textos, desenhos, esquemas, gráficos, tabelas, maquetes etc*

✓ *Conhecer diferentes formas de obter informações (observação, experimento, leitura de texto e imagem, entrevista), selecionando aquelas pertinentes ao tema biológico em estudo.*

✓ *Expressar dúvidas, ideias e conclusões acerca dos fenômenos biológicos.*

✓ *Relacionar fenômenos, fatos, processos e ideias em Biologia, elaborando conceitos, identificando regularidades e diferenças, construindo generalizações.*

✓ *Utilizar critérios científicos para realizar classificações de animais, vegetais etc.*

✓ *Relacionar os diversos conteúdos conceituais de Biologia (lógica interna) na compreensão de fenômenos.*

✓ *Estabelecer relações entre parte e todo de um fenômeno ou processo biológico.*

✓ *Selecionar e utilizar metodologias científicas adequadas para a resolução de problemas, fazendo uso, quando for o caso, de tratamento estatístico na análise de dados coletados.*

✓ *Formular questões, diagnósticos e propor soluções para problemas apresentados, utilizando elementos da Biologia.*

✓ *Utilizar noções e conceitos da Biologia em novas situações de aprendizado (existencial ou escolar).*

✓ *Relacionar o conhecimento das diversas disciplinas para o entendimento de fatos ou processos biológicos (lógica externa).*

✓ *Contextualização sociocultural*

✓ *Reconhecer a Biologia como um fazer humano e, portanto, histórico, fruto da conjunção de fatores sociais, políticos, econômicos, culturais, religiosos e tecnológicos.*

✓ *Identificar a interferência de aspectos místicos e culturais nos conhecimentos do senso comum relacionados a aspectos biológicos.*

✓ *Reconhecer o ser humano como agente e paciente de transformações intencionais por ele produzidas no seu ambiente.*

✓ *Julgar ações de intervenção, identificando aquelas que visam à preservação e à implementação da saúde individual, coletiva e do ambiente.*

✓ *Identificar as relações entre o conhecimento científico e o desenvolvimento tecnológico, considerando a preservação da vida, as condições de vida e as concepções de desenvolvimento sustentável.*

Como podemos notar, a Ciência Biologia é a base que norteia diversos pontos da Astrobiologia. Em vermelho estão destacados todos os pontos que se aplicam diretamente a Astrobiologia. Evidentemente que não estamos aqui falando que os pontos destacados “são da Astrobiologia”, não é isso!

Estamos afirmando unicamente que os parâmetros curriculares acima (em vermelho) dialogam com a Astrobiologia.

Recentemente, o MEC propôs uma Base Comum Curricular (BNCC) a qual não substitui os PCNs, completando-os. Vejamos onde estão os pontos de diálogo com a Astrobiologia na BNCC.

Em **Vida, Terra e Cosmos**, resultado da articulação das unidades temáticas Vida e Evolução e Terra e Universo desenvolvidas no Ensino Fundamental, propõe-se que os estudantes analisem a complexidade dos processos relativos à origem e evolução da Vida (em particular dos seres humanos), do planeta, das estrelas e do Cosmos, bem como a dinâmica das suas interações, e a diversidade dos seres vivos e sua relação com o ambiente. Isso implica, por exemplo, considerar modelos mais abrangentes ao explorar algumas aplicações das reações nucleares, a fim de explicar processos estelares, datações geológicas e a formação da matéria e da vida, ou ainda relacionar os ciclos biogeoquímicos ao metabolismo dos seres vivos, ao efeito estufa e às mudanças climáticas.

No

questo competências e habilidades desenvolvidas pelos alunos a BNCC introduziu muitos pontos que dialogam com a Astrobiologia, pontos os quais foram organizado em um único bloco “Vida, Terra e Cosmos”.

Em termos mais específicos a BNCC pontua as seguintes habilidades

(EM13CNT102) Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.

(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.

Na prática, em sala de aula, muitas vezes os professores aplicam as habilidades acima em disciplinas isoladas, esquecendo-se de fazer a ligação transdisciplinar. Ambos os pontos contemplam tópicos de Astrobiologia, e é esperado que um Profissional da Educação (em geral o Professor de Biologia) faça a devida identificação e seleção dos materiais que serão levados para a sala de aula. E não para aqui, vejamos mais alguns outros pontos sugeridos pela BNCC:

(EM13CNT104) Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.

(EM13CNT105) Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.

(EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.

HABILIDADES

(EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

(EM13CNT202) Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

(EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

(EM13CNT206) Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.

(EM13CNT206) Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.

(EM13CNT207) Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.

(EM13CNT208) Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana.

(EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

Salienta-se também a multidisciplinaridade presente na Astrobiologia, a qual se torna um fator facilitador para a inserção de tópicos sobre esta ciência. Lembrando que ao visitarmos os livros didáticos não encontraremos a palavra “Astrobiologia” escrita em letras garrafais. Claro, toda essa parte na qual a Astrobiologia se insere é oriunda da Biologia. O que muda é o ponto de

vista; alguns olham da Biologia → Astrobiologia (neste caso, falamos em aplicações da Biologia; outros olham da Astrobiologia → Biologia (neste caso, falamos da base da Astrobiologia). O raciocínio é bem lógico e simples de ser entendido, citamos um exemplo: se o aluno conhece a maneira como uma planta cresce aqui na Terra, então, esperamos que aquele mesmo aluno saiba dizer e/ou deduzir como crescerá (cresceria) uma planta em um exoplaneta análogo à Terra.

Já falamos dos pontos de Astrobiologia presentes nos PCNs, na BNCC e agora vamos visitar o conteúdo programático da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA), a pergunta que fizemos foi: “Como os tópicos de Astrobiologia estão apresentados e/ou cobrados na OBA?”

9. DOS CONTEÚDOS DAS PROVAS. As provas serão compatíveis com os conteúdos abordados pela maioria dos livros didáticos do ensino fundamental e médio. A prova será constituída, em princípio, de 7 perguntas de Astronomia e 3 de Astronáutica. Eventualmente poderemos ampliar estes números. Os conteúdos das provas em cada um dos níveis serão:

a) **Nível 1. Astronomia:** Terra: forma, atmosfera, rotação, polos, equador, pontos cardeais, dia e noite. Lua: fases da Lua, meses e eclipses. Sol: translação da Terra, ano, estações do ano. Objetos do Sistema Solar. Constelações e reconhecimento do céu. **Astronáutica:** A Missão Centenário (viagem ao espaço, em março de 2006, do Astronauta Brasileiro Marcos Pontes). Aviões, Foguetes e Satélites: O que são e para que servem? A atmosfera e sua importância para a manutenção da vida na Terra. A Exploração do Sistema Solar por meio de Sondas Espaciais. O homem na Lua. Os satélites brasileiros (SCD e CBERS). Os foguetes brasileiros e de outros países.

b) **Nível 2. Astronomia:** Terra: origem, estrutura interna, forma, alterações na superfície, marés, atmosfera, rotação, polos, equador, pontos cardeais, bússola, dia e noite, horas e fusos horários. Lua: fases da Lua, meses e eclipses. Sol: translação da Terra, eclíptica, ano, estações do ano. Objetos do Sistema Solar, galáxias, estrelas, ano-luz, origem do Universo e história da Astronomia. Constelações e reconhecimento do céu. **Astronáutica:** A Missão Centenário (viagem ao espaço, em março de 2006, do Astronauta Brasileiro Marcos Pontes). Aviões, Foguetes e Satélites: O que são e para que servem? A atmosfera e sua importância para a manutenção da vida na Terra. A Exploração do Sistema Solar por meio de Sondas Espaciais (ex. Voyager). Os satélites brasileiros (SCD e CBERS). Os foguetes brasileiros e de outros países. Os satélites meteorológicos e de sensoriamento remoto e suas aplicações. A Estação Espacial Internacional (ISS). O Telescópio Hubble e demais telescópios espaciais. As instituições brasileiras voltadas ao desenvolvimento das atividades espaciais (AEB, CTA, IAE, INPE e ITA).

- c) **Nível 3. Astronomia:** Além dos conteúdos do nível 2: Terra: rotação, pontos cardeais, coordenadas geográficas, estações do ano, marés, solstícios, equinócios, zonas térmicas, horário de verão. Sistema Solar: descrição, origem, Terra como planeta. Corpos celestes: planetas, satélites, asteroides, cometas, estrelas, galáxias. Origem e desenvolvimento da Astronomia. Leis de Kepler. Conquista do espaço. Origem do Universo. Fenômenos físicos e químicos: elementos químicos e origem. Gravitação: força gravitacional e peso. Unidade Astronômica, ano-luz, mês-luz, dia-luz e segundo-luz. Constelações e reconhecimento do céu. **Astronáutica:** Além dos conteúdos do nível 2: A Exploração de Marte. Por que o Brasil deve possuir um Programa Espacial? O efeito estufa e o buraco na camada de ozônio. O corpo humano no espaço. Os foguetes Saturno, Ariane, Soyuz, Próton e os atuais das empresas privadas, tipo SpaceX etc.
- d) **Nível 4. Astronomia:** Além dos conteúdos do nível 3: Lei da Gravitação universal, leis de Kepler, lei de Hubble, história da Astronomia, espectro eletromagnético, ondas, comprimento de onda, frequência, velocidade de propagação, efeito Doppler, calor, magnetismo, campo magnético da Terra, manchas solares, evolução estelar, estágios finais da evolução estelar (buracos negros, pulsares, anãs brancas), origem do sistema solar e do universo. Constelações e reconhecimento do céu e Galáxias. **Astronáutica:** Além dos conteúdos do nível 3: A Corrida Espacial e a Guerra Fria. Como os astronautas se comunicam no espaço. Quais velocidades atingem os veículos espaciais (foguetes e satélite)? Velocidade de escape. Tipos de órbita de um satélite (circular, elíptica, polar, geoestacionária). O campo gravitacional terrestre. Como manter e controlar um satélite em órbita. Por que os corpos queimam ao entrar na atmosfera terrestre? Quanto da massa total de um foguete é combustível? Quais são os propelentes utilizados nos foguetes e nos satélites? O uso de satélites meteorológicos e de sensoriamento remoto.

Como mostrado no regulamento da OBA – seus conteúdos se dividem em 4 níveis, sendo o nível 1 voltado para os alunos do 1º. Ano ao 3º. Ano do Ensino Fundamental; o nível 2 compreende os estudantes do 4º. Ano a e/ou 5º. Ano; o nível 3 é exclusivo para o Ensino Fundamental II – com alunos do 6º. Ano ao 9º. Ano; nível 4 é exclusivo para o Ensino Médio. Ao analisarmos a distribuição de conteúdos da OBA, imediatamente percebemos tópicos de Astrobiologia inseridos ainda no nível 1. No nível 2, obviamente apresenta um maior leque de pontos sobre Astrobiologia e nos níveis 3 e 4 todos os pontos elencados na OBA encontram-se alinhados tanto com os PCNs quanto com a BNCC.

Pronto, agora podemos afirmar que estamos em condições de falar sobre Inserção de tópicos de Astrobiologia na Educação Básica. A partir deste ponto, o professor já sabe quais os objetos de estudo da Astrobiologia, sabe onde encontrar os parâmetros curriculares, as diretrizes, os conteúdos programáticos, etc. Com estas ferramentas, ele (professor) poderá visitar os livros didáticos e elaborar seu plano de Aula. Como dissemos desde o início, a Astrobiologia foi fragmentada e a inserção da mesma no Ensino Básico não anula ou ofusca a presença da Biologia, muito pelo contrário. A Biologia mostra-se primordial para

o entendimento de vários conceitos da Astrobiologia. Alertamos para o fato de que o ideal é termos os tópicos em Astrobiologia aparecendo como atividades complementares às aulas e/ou atividades de Biologia.

Pela estrutura mencionada neste trabalho, esperamos que a oferta de disciplinas optativas sobre Fundamentos de Astrobiologia surjam nas graduações dos cursos de Ciências Biológicas. Uma vez que os acadêmicos tenham esta base, ficamos a um passo de partirmos para as observações propriamente ditas. Na primeira parte desta monografia, falamos que existe Astrobiologia e apresentamos uma taxonomia planetária; na sequência trabalhos com dados que nos foram repassados e agora, estamos em condições de coletarmos nossos próprios dados.

A coleta de dados astronômicos poderá ser realizada em Observatórios astronômicos tais como: SOAR, Gemini (Sul e Norte), VISTA, LAMOST, entre outros no exterior. No Brasil, as observações podem ser realizadas no OPD – Observatório Pico dos Dias que fica em Brasópolis-MG, e é gerenciado pelo LNA – Laboratório Nacional de Astrofísica.

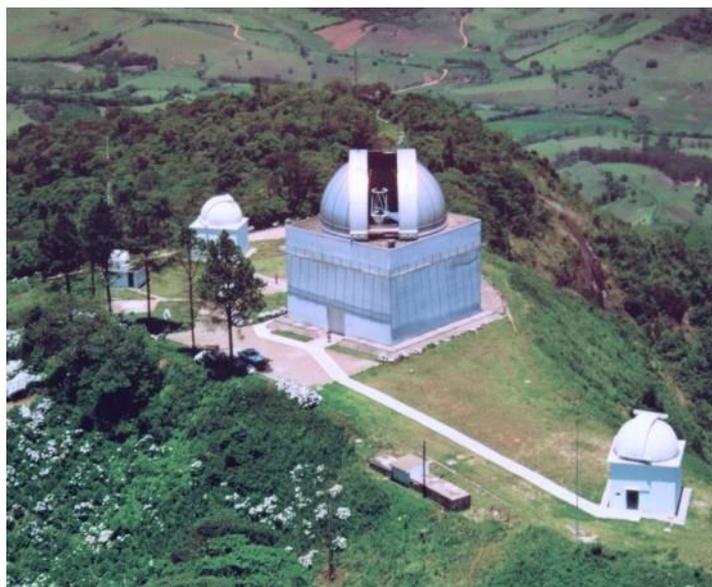


Figura 5: Vista área do OPD/LNA/MCTI.

Na figura 5, temos uma vista área do OPD, em sua dependências há telescópios brasileiros e russo. Entre os telescópios brasileiros temos o Telescópio 1,6 m Perkin-Elmer; o Telescópio 0,6 m Boller & Chivens (IAG/USP); o Telescópio 0,6 m Zeiss e Telescópio robótico de 40cm (ROBO40).

O LNA é a maior estrutura de Astronomia em solo brasileiro, é o LNA quem gerencia os telescópios SOAR e Gemini, consórcios no qual o Brasil é membro majoritário.



MISSÃO "Planejar, desenvolver, promover, operar e coordenar os meios e a infra-estrutura para fomentar, de forma cooperada, a astronomia observacional brasileira"



Figura 5: Telescópios gerenciados pelo LNA/MCTI.

6. Discussão

Vimos que ao lidarmos com Astrobiologia além de aprendermos conceitos de outras áreas, aprofundamos ainda mais na base da Biologia. O que é excelente, pois, muitas vezes - nas graduações de Ciências Biológicas - nós alunos ficamos apenas na Biologia aplicada aqui em nosso habitat. Nada de errado com esta postura, pelo contrário. Mediante o número crescente de desemprego, todos os dias milhares e milhares de pessoas morrem sem ao menos um prato de comida, e ainda o pouco de solo fértil está se tornando areia. Uma provável solução é buscar realizar plantio em outros solos. De fato, não estamos somente em busca de bioassinaturas, mais que isso, será que nas vizinhanças da Terra há solo fértil?

Outro ponto que se tornou um desafio global é a capacidade que a humanidade tem em lidar com o mundo micro, quando a pandemia começou no Brasil houve uma certa discordância entre leigos e até mesmo profissionais da saúde se a Covid-19 seria causada por Vírus ou Bactérias. Ora, se aqui na Terra, com todos nossos laboratórios avançados, em nosso planeta, nossa casa, não sabemos diferenciar vírus de bactéria, imagina se estivermos em um outro planeta e/ou satélite natural – onde provavelmente as características biológicas serão distintas, o que podemos esperar?

Bem, o certo é que precisamos ter uma taxinomia para entender melhor com o que estamos lidando, e como vimos, há uma diversidade de exoplanetas e de extremófilos. Atualmente, a grande expectativa da NASA é a missão MARS, aquela mesma que pretende fazer um estudo mais profundo do planeta vermelho. Independente do nome do planeta, ou da categoria (se planeta, se satélite natural) o primeiro passo é sabermos classificar os planetas (e

exoplanetas, termos ciências do potencial de vida em cada um dos possíveis mundos (referimos aos exoplanetas!), E ao falarmos sobre vida fora da Terra, estamos nos referindo aos microrganismos.

Claro, não há como pensarmos somente nos exoplanetas e ignoramos sua estrela-mãe, mesmo porque é ela que define a zona de habitabilidade. Desta maneira, o passo número zero é mapear as estrelas que estão nas nossas vizinhanças. Aqui encontramos um gargalo, a saber: o Sol é a única estrela do Sistema Solar. Outras estrelas estão em outro sistema estelar, quiçá em outra galáxia. A distância que as demais estrelas estão de nós são bem significativas. A boa notícia é que o sistema estelar Proxima Centauri – distante 4,2 anos-luz de nós tem exoplanetas. Ou seja, se conseguíssemos viajar a velocidade da luz, ficaríamos 4,2 anos viajando somente para poder fazer uma visita na vizinhança! - mas, deixamos avisados que que pela Física é impossível atingir esta velocidade! Além das distâncias, outro fator que era um grande problema e que hoje foi superado está justamente na capacidade de encontrarmos os exoplanetas. Muito falamos sobre eles, mas afinal, como podemos encontrá-los? Além de usarmos as técnicas mencionadas no capítulo 2, devido suas características, precisávamos de instrumentos ópticos que nos permitisse identificar objetos frios. Razão pela qual usamos a faixa do infravermelho. Agora, o problema é outro: o que encontramos é um planeta ou uma estrela anã? (lembrando que estrelas anãs são consideradas “frias” quando comparadas com outras estrelas da sequência principal. A boa notícia é que estrelas “frias” costumam apresentar sistemas planetários. E o número de estrelas anãs presente no Universo é muito elevado. A notícia não muito boa é que, em geral, a maioria dos sistemas planetários são formados por apenas 1 exoplanetas. Claro, há

sistemas com mais de um exoplaneta – estes são denominados sistemas multiplanetários. Entretanto, não chegam a fazer frente ao Sistema Solar.

Outro detalhe importante é a zona de habitabilidade, como falamos, esta depende das características da estrela. Se tivermos uma estrela supergigante ou gigante então a zona de habitabilidade se deslocará para longe da estrela. Pelo contrário, se a estrela-mãe for uma anã (semelhante ao Sol) então a zona de habitabilidade se deslocará em direção à estrela (para perto dela). É nessa parte que a Terra entra, se tivéssemos uma estrela-mãe maior que o Sol, estaríamos fora da ZH.

Abordamos os frutos de dois projetos de IC e um de Extensão Universitária. No primeiro, falamos sobre exoplanetas, aprendemos como calcular a distância entre o exoplaneta e sua estrela-mãe, a distância e a temperatura do exoplaneta, aprendemos a identificar os exoplanetas e os sistemas planetários, como calcular a ZH para cada caso, associamos os exoplanetas às suas respectivas estrelas-mães. Quanto às estrelas-mães, vimos como elas estão organizadas segundo seu estágio evolutivo, sua massa e sua temperatura. Aprendemos como calcular a luminosidade e o fluxo estelar, aprendemos a determinar o raio e a massa estelar e, assim, definir os limites inferior e superior da ZH em cada caso. Também vimos sistemas multiplanetários, aprendemos como identificá-los, conseguimos obter os parâmetros Astrofísicos e Astrobiológicos de nosso sistema, e assim fomos capazes de realizar um estudo mais detalhado dos objetos astronômicos que tínhamos em mãos. Fazer essa trajetória foi uma experiência ímpar, porém, falta algo mais, a observação em telescópio, esta parte não foi realizada ainda. Em 2019, iríamos para o OPD, porém diante o cenário pandêmico, a ida teve que ser adiada. Mas, por qual motivo a observação é tão importante? Simples, até o momento eu, enquanto

pesquisadora só usei dados que outros coletaram. Os quatro anos participando de projetos de Astrobiologia e aprendendo como são realizadas cada etapa, permitiram-me estar em condições de agora, eu mesma coletar os meus próprios dados. Talvez eu consiga realizar esta atividade em um Mestrado.

Também foi gratificante interagir com os meus professores, como os professores das Escolas de Parintins e com os acadêmicos do curso de Ciências Biológicas do CESP. Os questionários mostram que temos muito o que fazer para que a Astrobiologia chegue de maneira clara, as Escolas, mas percebemos também a demanda em atender aos professores da Educação Básica. De toda maneira, saber que os parâmetros curriculares contemplam a Astrobiologia assim como a OBA, é uma grande vitória para a comunidade de Astrobiólogos.

Por fim, não poderíamos deixar de citar que foi surreal ter nosso trabalho reconhecido e indicado ao Prêmio Patrícia Tomkins. Inegavelmente foi uma grande conquista pessoal e profissional poder participar deste certame e escrever o nome de uma mulher parintinense – aluna, bolsista, pesquisadora em Astrobiologia – que concorreu com tantas outras pessoas de tantas universidades, de tantos continentes. Simplesmente foi uma experiência incrível.

7. Conclusões

O presente trabalho permite-nos tirar as seguintes conclusões:

- ★ A Astrobiologia é uma ciência multidisciplinar e como tal faz uso de conceitos de áreas correlatas; embora a base da Astrobiologia seja a Biologia, isso não se torna fator impeditivo para que ferramentas de outras áreas do saber sejam utilizadas;*
- ★ Ao questionarmos o que é Vida, a Astrobiologia acrescenta dois ingredientes, a saber: i) uma diversidade de extremófilos; ii) uma diversidade de exoplanetas. Embora não responda a pergunta sobre o que seja vida, a Astrobiologia nos dá uma certeza: precisamos investigar mais sobre os extremófilos, exoplanetas, sistemas planetários e multiplanetários, bioassinaturas, etc.;*
- ★ As missões espaciais contribuíram significativamente para o avanço da Astrobiologia;*
- ★ O aprimoramento dos instrumentos e das técnicas observacionais mostraram a necessidade em termos uma taxinomia planetária.*
- ★ Os dados recebidos resultarem em 26 sistemas estelares, no qual constatamos que a maioria daqueles é formada por um único planeta.*
- ★ A ZH planetária depende diretamente das estrelas-mães. Aprendemos como calcular a massa, raio e temperatura da estrela-mãe e, conseqüentemente definirmos as ZH para cada um dos sistemas estelares mencionados anteriormente.*
- ★ Caracterizamos todos os sistemas multiplanetários calculando a massa planetária, a distância que o exoplaneta encontra-se da estrela-mãe, a temperatura do exoplaneta conforme mostrado na tabela 4.8;*

- ★ *Também caracterizamos as estrelas-mães, estimando a distância que as mesmas encontram-se da Terra; estimando sua temperatura, estágio evolutivo, massa raio, luminosidade e fluxo estelares – conforme expostos pelas tabelas 4.5, 4.6 e 4.7. Com os dados das tabelas anteriores usamos rotinas para estimas os limites superior e inferior da ZH – mostrados na tabela 4.4.*
- ★ *Após a análise dos questionários aplicados, notamos que a maioria dos acadêmicos do curso de licenciatura em Ciências Biológicas almejam ter na grade de seus cursos ao menos uma disciplina optativa que aborde o tema Astrobiologia.*
- ★ *Também através de questionários, notamos que o Colegiado de Ciências Biológicas do CESP/UEA apoia e incentiva a participação dos seus alunos em projetos fora do Colegiado*
- ★ *Notamos ainda que os Professores de Biologia do Ensino Médio se mostraram receptivos tanto à ideia de abordarem Astrobiologia com seus alunos quanto realizarem cursos de capacitação para melhor atender a demanda estudantil.*
- ★ *Tanto a BNCC, quanto os PCNs contêm habilidades e competências nas quais se encaixa a Astrobiologia, da mesma sorte, a OBA também já introduz tópicos de Astrobiologia desde o nível 1 de sua olimpíada.*
- ★ *É importante e fundamental o reconhecimento de projetos - na área científica - desenvolvidos por nós mulheres. A cada reconhecimento de nosso trabalho, é uma grande vitória para todas as mulheres pesquisadoras - no Amazonas, no Brasil e no mundo.*

8. Perspectivas Futuras

Como perspectivas futuras almejamos:

- ★ *Atender à demanda das Escolas;*
- ★ *Construir juntamente com o Colegiado de Ciências Biológicas e a PROGRAD/UEA a possibilidade da inclusão de ao menos 1 disciplina optativa voltada para Astrobiologia;*
- ★ *Lutar pela continuidade do espaço para a Astrobiologia na Semana da Biologia do CESP/UEA;*
- ★ *Realizar a coleta de dados no Observatório Picos dos Dias (OPD) que é gerenciado pelo LNA/MCTI;*
- ★ *Ingressar no Mestrado e poder dar continuidade aos estudos de Astrobiologia.*

Referências

Alabarda, K., *Planetaria*, 28-29, 2017.

Álvarez-Martínez, O., *Publicaciones Didácticas*, 72 (1), 157-161, 2016.

Amabis, J. M; Martho, G. R. *Biologia em Contexto: do Universo às Células Vivas*; 1a. Ed. São Paulo: Moderna, 2013.

Amabis, J. M; Martho, G. R. *Biologia das Células*; 2a. ed. Saraiva, 2004.

Anglada-Escudé, G. et al., *A&A*, 556, A126, 2013.

Barbosa, R. R. B. *Exoplanetologia -Em busca de um planeta habitável*. Dissertação de Mestrado. FCUP, 2015.

Blumberg, B. S., *Phil. Trans. R. Soc.*, A(2011), 369, 508-515.

Barra, P. N., *Núcleos*, 7, 46-55, 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica.

Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2002.

Cantó, J.; Curiel, S. & Martínez-Gómez, E., *A&A*, 501, 1259-1268, 2009.

Cardoso, A. M., et. al. *Archaea, Rev. Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, 30, 2003.

Cascais, M. G. A.; Terán, A. F., *Ciência em Tela*, 7 (2), 2014.

Cavicchioli, R., *Astrobiology*, 2 (3), 2002.

Cline, S. W., Doolittle, W. F., *Journal of Bacteriology*, p.1341-1344, 169 (3), 1986.

Curiel, S. et al., *A&A*, 525, A78, 2011.

Curiel, S.; Ramírez, L. A. C., *Rev. Digital Universitaria*, 12 (5), 2011.

Damineli, A., *REVISTA USP, São Paulo*, 62, 38-51, 2004.

Damineli, A. & Damineli, D. S. C., *ESTUDOS AVANÇADOS*, 21 (59), 2007.

Deamer, D. W. & Fleischaker, G. R., *Em Origins of life: The Central Concepts;*

Jones and Bartlett: Boston, 1994.

Donato, T. P.; Campos, B. C.; Dias, B. L.N., *Research, Society and Development*, 9 (2), e11922147, 2019.

Dsriling, D. J., The Universal Book of Astronomy, from the Andromeda Galaxy to the Zone of Avoidance. New Jersey: Wiley, 2004.

Eichler, J. Microbe of the Month, 27 (7), P651-652,2019.

Filho, K. S. O.; Saraiva, M. F. O., *Astronomia e Astrofísica*, 4^a.Edição, EDF, São Paulo, 2017.

Flores, M. et al., *BAAA*. 58, 2016.

Flores, M. G. et al., *BAAA*, 59, 2017.

Fridlund, M., *Science in School*, 13, 15-18, 2009.

Galante, D. et al. *Astrobiologia: uma ciência emergente*. São Paulo, Edição IAG/USP, 2016.

Gargaud, M. et al., *Lectures in Astrobiology I, v.1*, Springer, 2005.

Gilmour, I. & Sephton, M., *An Introduction to Astrobiology*. Cambridge, Cambridge University Press, 2004.

Gregório-Hetem, J.; Jatenco-Pereira, V.; Oliveira, C. M., *Fundamentos de Astronomia*. IAG/USP, 2015.

Guzmán, E. C., *Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fís.Nat.*, 106 (1-2), 69-80, 2013.

Horneck, G. & Rettberg, P., *Complete Course in Astrobiology*. Weinheim, Wiley-VCH, 2007.

Jacobucchi, D. F. C., *Em Extensão, Uberlândia*, 7 (1), 2008.

Júnior, F. L. S.; *Isolamento e Caracterização de Bactérias Celulolíticas de Ambientes Extremos*, Dissertação de Mestrado, Universidade de Mogi das Cruzes, 2011.

Langhi, R., *CBEF*, 28 (2), 373-399, 2011.

Langhi, R.; Nardi, R., *RBEF*, 31(4), 2009.

Langui, R.; Nardi R., *Rev. Ensaio*, 12 (2), 205-224, 2010.

Liu, F. et al., *MNRAS*, 456, 2636-2646, 2016.

Mounir, S. et al. DIC Decontamination of Solid and Powder Foodstuffs, 93-94, 2016.

Paulino-Lima, I. G. & Lage, C. A. S., BSAB, 29 (1), 14-21, 2010.

Pereira, R. G. Estromatólitos, o que são? Onde encontrar e sua importância para a vida. 2021. Disponível em <https://segredosdomundo.r7.com/estromatolitos-o-que-sao-onde-encontrar-e-sua-importancia-para-a-vida/>, acesso em 27 jan. 2021.

Quillfeldt, J. A., Cad. Bras. Ens. Fís., 27, 685-697, 2010.

Ramírez, D. N., Serrano, J. A. R., Sandoval, T. H. Rev. Mexicana de Ciências Farmacéuticas, 37 (3), 56-71, 2006.

Rampelloto, P. H., Quim. Nova, 35 (8), 1619-1627, 2012.

Santos, I. M. O. et al., Caderno de Física da UEFS, 17 (01), 1603.1-8, 2019.

Sime, M. K., Evolução Química Galáctica e Habitabilidade. Dissertação de Mestrado, IAG/USP, 2016.

Souza, J. G., Astrobiologia: obstáculos e possibilidades, a (re)ligação com o Cosmos e o Ensino de Ciências. Dissertação de Mestrado, UNESP, 2013.

Vieira, Frederico et al., RBEF, 40 (4), e4308, 2018.

Velten, H. et al., Cadernos de Astronomia, 1 (1), 116-122, 2020.

