



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIA**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA**

**SÉRGIO DE CARVALHO TANAKA**

**UMA PROPOSTA DO USO DA ASTROBIOLOGIA COMO MOTIVAÇÃO PARA O  
ENSINO DE CIÊNCIAS NOS ENSINOS FUNDAMENTAL E MÉDIO**

**FORTALEZA**

**2019**

SÉRGIO DE CARVALHO TANAKA

UMA PROPOSTA DO USO DA ASTROBIOLOGIA COMO MOTIVAÇÃO PARA O ENSINO  
DE CIÊNCIAS NOS ENSINOS FUNDAMENTAL E MÉDIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Graduação em Física do Centro  
de Ciência da Universidade Federal do Ceará,  
como requisito parcial à obtenção do grau de  
Licenciatura em Física.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio  
Araújo Silva

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- T166p Tanaka, Sérgio de Carvalho.  
Uma Proposta do Uso da Astrobiologia como Motivação para o Ensino de Ciências nos Ensinos Fundamental e Médio / Sérgio de Carvalho Tanaka. – 2019.  
46 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Física, Fortaleza, 2019.  
Orientação: Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva.
1. Astrobiologia. 2. Interdisciplinaridade. 3. Ciências. I. Título.

CDD 530

---

SÉRGIO DE CARVALHO TANAKA

UMA PROPOSTA DO USO DA ASTROBIOLOGIA COMO MOTIVAÇÃO PARA O ENSINO  
DE CIÊNCIAS NOS ENSINOS FUNDAMENTAL E MÉDIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Graduação em Física do Centro  
de Ciência da Universidade Federal do Ceará,  
como requisito parcial à obtenção do grau de  
Licenciatura em Física.

Aprovada em: 03 de dezembro de 2019

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Júlio César Brasil de Araújo  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Me. Everton Almeida de Freitas  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente à minha família, por todo o suporte durante todo esse tempo. Meus pais, Rosiana Carvalho Costa e Harumi Tanaka. Meus irmãos André Costa Tanaka, Sabrina Costa Tanaka, Rosa Maria Costa Tanaka e Alan Costa Tanaka. Meu avô Sérgio Pinto de Carvalho e minha querida avó, Rosa Amélia de Carvalho Costa. A todos da minha família: sobrinhos; cunhada; tios; tias; primos; primas.

Ao prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva por todo o apoio e orientação e aos membros da banca Prof. Dr. Júlio César Brasil de Araújo e Me. Everton Almeida de Freitas.

Aos amigos de Várzea Alegre que, apesar do pouco contato, a amizade se mantém. E, por fim, aos grandes amigos do curso de Física: aos que acompanham minha jornada de perto desde o começo até os que chegaram depois; à turma do bacharel de 2012, 2014 e 2015; aos amigos da assessoria e monitoria; aos amigos da licenciatura; aos amigos do "rolê". Obrigado a todos.

“A história da ciência, como a de todas as ideias humanas, é uma história de sonhos irresponsáveis, obstáculos e erros. No entanto, a ciência é uma das poucas atividades humana, talvez a única, em que os erros são criticados de forma sistemática e muitas vezes, ao longo do tempo, corrigidos.”

(Karl Popper)

## RESUMO

O ensino de Astrobiologia para os ensinos médio e fundamental é interessante por se tratar de um tema em que há a possibilidade de correlacionar vários assuntos que são objeto de estudo na escola. Neste trabalho será proposto a utilização da Astrobiologia para introduzir alguns assuntos de ciências ministrados na escola. Para tanto, primeiramente, será apresentado uma fundamentação teórica abordando assuntos que foram importantes para a criação da Astrobiologia e também algumas áreas de pesquisas relevantes dentro dessa ciência. Após essa etapa será feito um compilado de assuntos que são recorrentes dentro da Astrobiologia e que podem ser ministrados no ensino fundamental ou médio. Será abordada também a relevância desses assuntos para a Astrobiologia, para servir como um recurso motivacional para o aprendizado da respectiva disciplina. Dessa forma, pretende-se, com este trabalho, oferecer ao professor uma forma de apresentar temas científicos abordados nos ensinos fundamental e médio de tal maneira que se possa propiciar aos alunos uma formação educacional mais sólida.

**Palavras-chave:** astrobiologia, interdisciplinaridade, ciências

## **ABSTRACT**

The teaching of astrobiology for middle and elementary school is interesting because it is a subject in which it is possible to correlate various subjects that are the object of study in school. In this work we will propose the use of astrobiology to introduce some science subjects taught in the school. For the purpose, firstly, a theoretical foundation will be presented addressing issues that were important for the creation of Astrobiology and also some relevant research areas within this science. After this stage a compilation of subjects that are recurrent within Astrobiology and that can be taught in elementary or high school will be made. The relevance of these subjects to astrobiology will also be addressed to serve as a motivational resource for the learning of the respective discipline. Thus, it is intended, with this work, to offer the teacher a way to present scientific themes approached in elementary and high school so that students can provide a more solid educational background.

**Keywords:** astrobiology, interdisciplinarity, science

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma dos capítulos, seções e subseções . . . . .	22
Figura 2 – Mudanças de estado físico da água . . . . .	24
Figura 3 – Gráfico que relaciona temperatura e calor recebido pela água . . . . .	25
Figura 4 – Inseto sobre a superfície da água . . . . .	26
Figura 5 – Macaco hidráulico . . . . .	28
Figura 6 – Submarino . . . . .	29
Figura 7 – Ciclo da água . . . . .	31
Figura 8 – Ciclo do carbono . . . . .	32
Figura 9 – Ciclo do oxigênio . . . . .	33
Figura 10 – Efeito estufa . . . . .	36
Figura 11 – Árvore filogenética da vida . . . . .	38
Figura 12 – Tardígrado(urso d'água) . . . . .	39
Figura 13 – Espectro de radiação eletromagnética . . . . .	40

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b>	11
2	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	12
2.1	<b>Astrobiologia</b>	12
2.2	<b>A origem dos elementos</b>	13
2.2.1	<i>Formação de elementos pesados através de supernovas</i>	15
2.2.2	<i>Nucleossíntese de elementos pesados</i>	15
2.3	<b>Astroquímica</b>	16
2.3.1	<i>Astroquímica observacional</i>	16
2.3.2	<i>Astroquímica experimental</i>	17
2.3.3	<i>Astroquímica Teórica</i>	18
2.4	<b>Planetas habitáveis</b>	18
2.5	<b>A química prebiótica</b>	19
3	<b>METODOLOGIA</b>	22
4	<b>A ÁGUA E SUA IMPORTÂNCIA PARA A VIDA NA TERRA</b>	23
4.1	<b>Mudanças de estado físico da água</b>	23
4.2	<b>Ligações de hidrogênio e a tensão superficial na água</b>	25
4.3	<b>Hidrostática</b>	26
4.3.1	<i>O teorema de Stevin</i>	27
4.3.2	<i>O teorema de Pascal</i>	28
4.3.3	<i>O teorema de Arquimedes</i>	29
5	<b>A ATMOSFERA E SEUS GASES</b>	30
5.1	<b>Os ciclos biogeoquímicos</b>	30
5.1.1	<i>O ciclo da água</i>	30
5.1.2	<i>O ciclo do carbono</i>	31
5.1.3	<i>O ciclo do oxigênio</i>	32
5.2	<b>Gases ideais</b>	33
5.2.1	<i>Lei de Boyle</i>	33
5.2.2	<i>Lei de Gay-Lussac</i>	34
5.2.3	<i>A Lei de Charles</i>	34
5.2.4	<i>Equação de Clapeyron</i>	34

5.3	O efeito estufa . . . . .	35
6	<b>EXTREMÓFILOS</b> . . . . .	37
6.1	<b>Taxonomia: classificação dos seres vivos</b> . . . . .	37
6.1.1	<i>Tardígrados</i> . . . . .	38
6.2	<b>Condições extremas de vida</b> . . . . .	39
6.2.1	<i>Radiação</i> . . . . .	40
6.2.2	<i>Temperatura</i> . . . . .	41
7	<b>CONCLUSÃO</b> . . . . .	42
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	43
	<b>APÊNDICE A</b> – Plano de aula - Ciclos biogeoquímicos . . . . .	46
	<b>APÊNDICE B</b> – Plano de aula - Gases ideais . . . . .	47
	<b>APÊNDICE C</b> – Plano de aula - Hidrostática . . . . .	48

## 1 INTRODUÇÃO

Uma das perguntas mais intrigantes e angustiantes que assola a humanidade desde a antiguidade até os dias atuais é a seguinte: "Estamos sozinhos no universo?". Vários cientistas e entusiastas da astronomia mediram esforços para tentar responder essa provocante pergunta. Hoje o ramo da ciência que mais concentra seus esforços em tentar responder essa pergunta é a Astrobiologia. Atualmente a Astrobiologia é definida como a área da ciência dedicada a entender a origem, a evolução, a distribuição e o futuro da vida no universo e aborda questões fundamentais, por exemplo: "Qual a origem da vida?", "Estamos sozinhos no universo?", e "Qual poderia ser o futuro da humanidade no espaço?"(BLUMBERG, 2003).

Por se tratar de uma ciência que envolve questões tão fascinantes a Astrobiologia pode ser usada como um recurso motivador para o aprendizado de ciência. Este trabalho visa se utilizar da Astrobiologia para fazer contextualizações envolvendo alguns temas da ciência estudados no ensino médio.

O objetivo geral deste trabalho será dedicado a propor uma forma de utilizar a Astrobiologia para introduzir assuntos que são abordados nas matérias de ciência no ensino médio. A escolha da Astrobiologia se deu por conta de se tratar de uma ciência que envolve questões que podem despertar o fascínio e a curiosidade dos alunos e com isso fazer com que eles possam se interessar mais pelas matérias de ciências e manter o foco nos estudos. Para tanto o intuito deste trabalho será expor alguns temas recorrentes da ciência no ensino médio e que são de extrema importância para a Astrobiologia tanto para servir como recurso motivador para os alunos como para chamar a atenção para essa ciência que é considerada nova e que tem ganhado cada vez mais relevância nos últimos anos. Ao final do trabalho pretende-se ter um compilado de assuntos que, ao mesmo tempo, podem ser abordados pelos professores no ensino médio e servir de alicerce mínimo para se compreender temas mais específicos da Astrobiologia.

Outro ponto que será visto neste trabalho será a interdisciplinaridade proporcionada pela Astrobiologia, que engloba temas tanto da física como da química e da biologia. A interdisciplinaridade pode ser usada na escola com o objetivo de complementar as disciplinas de ciência, oferecendo aos alunos uma visão mais ampla sobre o conhecimento científico de modo que possam compreender que o mundo onde estão inseridos é a soma de vários fatores que formam uma realidade complexa (BONATTO *et al.*, 2012).

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo será dedicado a apresentar a Astrobiologia como ciência. Primeiramente será feita uma breve contextualização histórica sobre a origem dessa ciência e depois será discutido sobre alguns temas que serviram como fundamentação teórica para a criação dessa área científica. Também será exposto alguns assuntos que atualmente fazem parte do escopo de pesquisa da Astrobiologia.

### 2.1 Astrobiologia

Na época da Guerra Fria, durante o período que ficou conhecido como corrida espacial, ocorreu uma determinada preocupação com as possíveis lesões que o meio espacial poderiam provocar nos Astronautas. Foi nesse contexto que surgiu a medicina espacial. Anos mais tarde a Nasa entendeu que seria de suma importância realizar investigações para entender os efeitos do ambiente espacial sobre organismos vivos e ao mesmo tempo realizar buscas por vida extraterrestre. Existia o receio de que se houvesse vida fora da Terra ela poderia ser trazida para Terra e causar epidemias catastróficas. Outra preocupação foi a de não contaminar outros Planetas ou corpos celestes com o material orgânico terrestre. Foi nesse sentido que a Nasa decidiu alavancar seus estudos relacionados ao comportamento de organismos vivos em meio espacial e pela procura de vida fora da Terra (DICK, 2009). Foi através dessas preocupações e interesses que surgiu o programa de exobiologia da Nasa. O criador do termo “exobiologia” foi o médico vencedor do prêmio Nobel Joshua Lederberg e criou esse termo para retratar a busca de vida fora da Terra sob uma perspectiva científica (RODRIGUES *et al.*, 2016a). Por causa da dificuldade das missões espaciais pela busca de vida fora da Terra e pelos diversos progressos das pesquisas espaciais a Nasa optou por deixar de usar o termo exobiologia e em benefício do termo Astrobiologia originando uma área de estudo cujo enfoque era no estudo da vida na Terra e no universo. Surgiu, assim, a Astrobiologia como é conhecida hoje (RODRIGUES *et al.*, 2016b). Atualmente a Astrobiologia se dedica a estudar e entender a origem, a evolução, a distribuição e o futuro da vida, na Terra ou fora dela e aborda questões fundamentais, por exemplo: “Qual a origem da vida?”, “Estamos sozinhos no universo?”, e “Qual poderia ser o futuro da humanidade no espaço?” (BLUMBERG, 2003).

Um aspecto interessante da Astrobiologia é sua multi e interdisciplinaridade. É uma ciência que depende da contribuição de pesquisadores de diversas áreas, como astrônomos,

cientistas planetários, químicos, geólogos, biólogos, engenheiros e até mesmo estudiosos das ciências humanas.

Alguns dos temas centrais da Astrobiologia que interessam para este trabalho serão abordados nas subsecções a seguir.

## 2.2 A origem dos elementos

Entender como os primeiros elementos surgiram é de grande relevância para entendermos melhor como a vida poderia se formar ou funcionar em outros locais do universo e até mesmo aqui na Terra. Pensando nisso, essa secção é dedicada a esclarecer alguns temas envolvendo esse tópico.

Muitas civilizações desde a antiguidade tem se questionado sobre a nossa origem. “De onde viemos?”, normalmente essa é a pergunta associada a esse questionamento. Até um século atrás a ciência ainda não possuía uma resposta satisfatória pra essa pergunta, porém com a evolução das ideias da física durante o século passado foi possível se criar uma teoria científica que tinha como objetivo fornecer um esclarecimento sobre a origem do universo. Essa teoria é conhecida como a teoria do Big Bang. Em determinado momento, em torno de 13,7 bilhões de anos atrás, todo o conteúdo do universo estava concentrado em um estado extremamente denso e quente e abruptamente iniciou-se uma expansão, denominado hoje de “Big Bang”.

Pouquíssimo tempo após sua origem, quando o universo possui apenas  $10^{-37}$  segundos de existência houve um processo chamado de “inflação cósmica” que consistiu na brusca expansão do universo e conseqüentemente diminuição da sua temperatura e densidade. A progressiva expansão do universo proporcionou um meio favorável para o surgimento das partículas constituintes dos núcleos dos elementos mais simples. Foi dessa forma que surgiram os primeiros prótons e nêutrons, que são as unidades básicas que formam os átomos. Após 3 minutos de existência o universo já se encontrava frio o suficiente para que pudesse proporcionar a combinação entre nêutrons e prótons, formando assim o primeiro núcleo mais pesado, o núcleo do deutério, um isótopo do hidrogênio. Porém muitos prótons não se combinariam com nenhum nêutron e mais tarde dariam origem aos átomos de hidrogênio. Com a progressiva expansão e esfriamento do universo foram ocorrendo cada vez mais reações de fusão nuclear originando, dessa forma, os núcleos do átomo de hélio (dois prótons e dois nêutrons). Após esse processo foi possível o surgimento dos elementos berílio e lítio. O  ${}^7\text{Be}$  é a combinação dos isótopos do hélio,  ${}^3\text{He}$  e  ${}^4\text{He}$  e o  ${}^7\text{Li}$  é combinação de do  ${}^7\text{Be}$  com um elétron. Com o prosseguimento da evolução

do universo surgiram pequenas irregularidades de densidade de matéria, onde, em alguns locais, era mais evidente o acúmulo de matéria do que outros. Quanta mais matéria se acumulava em um determinado local maior era o potencial gravitacional nesse local e dessa forma mais matéria era atraída. Foi dessa forma que se originaram as primeiras grandes estruturas do universo como aglomerado de galáxias, as próprias galáxias e as estrelas (RODRIGUES *et al.*, 2016c).

Com o surgimento das estrelas foi possível a formação de mais elementos diferentes do berílio, lítio, hélio e hidrogênio. A aparição desses elementos se deu através das estrelas massivas, que possuem mais de 8 vezes a massa do Sol. As estrelas pouco massivas pouco contribuíram para a formação de mais elementos além da matéria primordial, pois não são capazes de realizar a fusão nuclear do hidrogênio. Um sistema binário, que contém duas estrelas, também pode produzir elementos mais pesados através da troca de massa entre as estrelas nos seus estágios finais onde as temperaturas nos seus núcleos podem ultrapassar 1 bilhão de kelvins. Nesse caso ocorreria uma cadeia de reações de nucleossíntese onde haveria a captura de um núcleo de hélio por outro ou a captura de nêutrons isolados formando elementos de maior massa atômica. A formação desses elementos ocorrem apenas até o processo de síntese dos elementos do grupo do ferro:  $^{44}\text{Sc}$ ,  $^{48}\text{Ti}$ ,  $^{52}\text{Cr}$ ,  $^{56}\text{Fe}$  ou outros com uma forte estrutura de forte ligação nuclear. É no núcleo estelar onde ocorrem de fato os processos de nucleossíntese e os elementos químicos produzidos nesse processo ficam aprisionados no núcleo até o término do ciclo evolutivo. Ao concluir seu ciclo evolutivo o núcleo da estrela se contrai e seu volume se expande até o momento em que resta apenas o núcleo, todo o resto é ejetado para o espaço. Esse núcleo resultante, sem o envoltório, é chamado de anã branca, que é uma categoria de estrela extremamente densa. As nebulosas planetárias, como são chamados esses envoltórios ejetados das estrelas, são fartos de elementos químicos das estrelas que a originaram. O material gerado no interior do núcleo das estrelas pode escapar dela através de duas explosões, novas e supernovas. As novas acontecem em sistemas binários e são explosões superficiais na estrela que ocorrem por causa do acúmulo de hidrogênio cedido pela estrela associada a ela. Já a supernova é a explosão decorrente do colapso de uma estrela massiva onde há a ejeção de seu envoltório externo. Esse processo só pode ocorrer uma vez pois a estrela é extinta após a explosão. Apesar de serem fenômenos distintos em sua essência, ambos liberam material químico para o espaço em altas velocidades, abastecendo o meio interestelar e tornando-o mais rico (RODRIGUES *et al.*, 2016c).

Todo o berílio, lítio e boro que existe hoje foi quase que em sua totalidade originado

pelo processo de "espalação" que é o processo de colisão de raios cósmicos, que são partículas viajando a altas velocidades, contra o núcleo de átomos que preenchem o meio interestelar. Essa colisão é capaz de arrancar prótons e nêutrons dos núcleos dos átomos colididos, fazendo com que novos elementos sejam formados nesse processo (RODRIGUES *et al.*, 2016c).

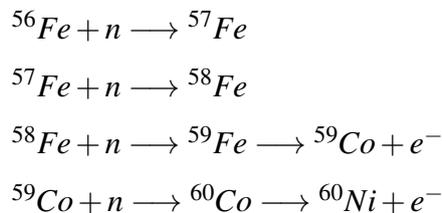
### **2.2.1 Formação de elementos pesados através de supernovas**

A supernova é a etapa final da existência de uma estrela massiva. A explosão gerada pela supernova culmina na formação de todos os elementos pesados de massa atômicas superiores a do ferro. No caso da supernova por captura eletrônica há uma implosão do caroço formado por oxigênio-neônio-magnésio que foi gerado na etapa final de existência de uma estrela com 8 a 10 massas solares e isso ocorre porque esse tipo de estrela não consegue alcançar temperaturas suficientes para atingir os ciclos mais avançados. Existe também a supernova do tipo II que acontece com estrelas com massa de 10 à 25 massas solares ou superior à isso. Nesse caso, quando o núcleo da estrela, formada por ferro e elementos próximos, ultrapassar 1,44 a massa solar ela irá colapsar pois a gravitação irá exceder o limite da estrutura interna do núcleo atômico. Nessa situação irá se formar uma estrela de nêutrons em consequência do colapso do núcleo com diâmetro em torno de 10 a 15 km e o núcleo chegará a 100 bilhões de kelvins. Esse colapso gerará uma onda choque que expulsará todo o volume da estrela e a borda do núcleo. Essas ondas de choque conjuntamente com a enorme quantia de nêutrons que foi expelida por causa do colapso provoca a nucleossíntese explosiva que é o processo no qual se formam os elementos pesados e ocorre apenas enquanto as explosões das supernovas acontecem, durante poucos minutos. Existe também outro tipo de supernova, a do tipo Ia e ela ocorre quando estrelas massivas, próximas uma da outra, com uma delas sendo anã branca, trocam matéria entre si à proporção que evoluem. Quando isso ocorre há a fusão da anã branca em elementos próximo ao ferro. Nessa situação há a formação de elementos através da nucleossíntese, porém com elementos diferentes formados após uma supernova tipo II (RODRIGUES *et al.*, 2016c).

### **2.2.2 Nucleossíntese de elementos pesados**

Para elementos pesados a partir do ferro a nucleossíntese é diferente em relação aos elementos leves, não há mais fusão nuclear exotérmica e a síntese de elementos mais pesados ocorre através da captura de nêutrons. Esses processos podem ser de dois tipos, os processos r, onde ocorre a captura lenta de nêutrons, e os processos s, na qual há a captura rápida de nêutrons.

No “processo s” há a captura de um nêutron por um núcleo-semente e logo depois a emissão de um elétron, processo conhecido como decaimento beta nuclear, e então ocorre a captura de mais um nêutron. Nesse procedimento ocorre a produção de uma série de elementos químicos indo do  $^{56}\text{Fe}$  ao  $^{209}\text{Bi}$ . As reações seguintes mostram como se dá uma fase desse processo.



Esse processo ocorre de maneira sucessiva até a síntese do  $^{209}\text{Bi}$  e as reações subsequentes produzem isótopos instáveis que decaem no bismuto novamente. Logo, através desse procedimento, não há a formação de elementos mais pesados, como o urânio ou o tório. Esses elementos se formarão através do “processo r” que ocorre no momento da explosão de uma supernova onde haverá a captura rápida de nêutrons (RODRIGUES *et al.*, 2016c).

De maneira resumida, são esses distintos processos de nucleossíntese que preenchem os diferentes espaços no universo com os elementos químicos que conhecemos.

## 2.3 Astroquímica

A Astroquímica é uma ciência que está situada entre a Astronomia, Física, e Química e tem como objetivo central o estudo de como as moléculas se formam, se destroem e se distribuem nos diferentes locais do universo. Ela pode ser dividida em três ramos principais: a Astroquímica observacional, a experimental e a teórica.

### 2.3.1 Astroquímica observacional

A Astroquímica observacional é feita através de observações astronômicas que têm como objetivo detectar moléculas no espaço. Essas observações são feitas analisando os comprimentos de onda das moléculas (BOECHAT-ROBERTY, 2016). As detecções podem ser feitas através de radiotelescópios terrestres, como o institut Radioastronomie Millimétrique(Iram), na Espanha, espaciais, como o infrared Space Observatory (ISO) e interferômetros, como o Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array(Alma). Com os dados obtidos a partir das

observações pode se determinar e mensurar algumas quantidades relevantes de algumas regiões de interesse como a temperatura, densidade numérica dos gases, etc. Por causa da complexidade na detecção de assinaturas moleculares é de grande interesse que os dados obtidos através dos telescópios espaciais tornem-se públicos, para que a comunidade astronômica consiga trabalhar de maneira conjunta no tratamento desses dados. A obtenção dos espectros desses dados exige um considerável nível de experiência e instrução bem como o manuseio de softwares de redução de dados. Esses recursos são utilizados para identificação de novas moléculas e íons moleculares em regiões de interesse (BOECHAT-ROBERTY, 2016).

### **2.3.2 Astroquímica experimental**

A Astroquímica experimental procura investigar a formação, sobrevivência e presença de moléculas em diversos ambientes através de experimentos de laboratório. Moléculas simples podem torna-se complexas através da interação com a radiação ionizante, por exemplo, moléculas consideradas pre-bióticas como o aminoácido glicina ( $C_2H_5NO_2$ ) e a base adenina  $C_5H_5N_5$  podem ser produzidas a partir de moléculas mais simples como  $N_2$ ,  $H_2O$ ,  $CO$ ,  $NH_3$ . Os experimentos podem ocorrer na fase gasosa ou na fase condensada (BOECHAT-ROBERTY, 2016).

Na fase gasosa são feitas investigações de moléculas envolvendo reações químicas entre espécies neutras, iônicas, radicais e/ou elétrons de baixa energia e interação de fótons, elétrons, íons com diferentes espécies moleculares e pode-se determinar, dessa forma, as secções de choque de absorção, ionização e dissociação e também as taxas de ionização e destruição e tempos de meia-vida de cada molécula em diversos ambientes.

Para esses tipos de experimentos existem uma montagem característica que é formado por uma câmara de ultra alto vácuo e que contém um espectrômetro de massas por tempo de voo(TOF-MS). Um feixe de luz síncrotron, que fica dentro da câmara, intercepta de maneira perpendicular um feixe molecular gerando elétrons e íons que eram acelerados em direção opostas. A partir desse processo é possível detectar o espectro de fragmentação molecular e através desse espectro pode-se determinar as energias cinéticas, a abundância de cada íon resultante das fragmentações e as secções de choque de fotoionização e de fotodissociação.

Já na fase condensada há o estudo de processos envolvendo a interação de gases ionizantes(elétrons, fótons e íons) com moléculas congeladas na superfície de grãos de poeira interestelar. Os processos são os seguintes: adsorção(gás-grão); dessorção térmica; dessorção

induzida por íons(radiólise), dessorção induzida por UV e raios X(fotólise). Como consequência desses processos há a taxa de formação de novas moléculas, a produção de aglomerados iônicos, a determinação de taxas de reação, seções de choque e tempos de meia vida e taxas de adsorção, dessorção e etc.

### **2.3.3 Astroquímica Teórica**

Com o intuito de tentar descrever diferentes cenários físico-químicos os cientistas empenham-se em criar modelos teóricos. Um exemplo de um cenário desses seria a formação e evolução de moléculas em função do tempo em diversos ambientes interestelares, levando-se em conta, a abundância inicial dos elementos químicos e as principais reações. A química quântica pode ser usada para se analisar a estrutura e a estabilidade de íons moleculares com o intuito de identificar as espécies moleculares mais estáveis e suas devidas contribuições para a química em ambientes astrofísicos. É com essas questões que a Astroquímica Teórica lida (BOECHAT-ROBERTY, 2016).

## **2.4 Planetas habitáveis**

Como podemos saber que um planeta pode ser considerado habitável? Quais são os critérios necessários para classificá-lo como um local onde a vida pode surgir e se desenvolver? Essa seção será dedicada a abordar essas questões de maneira simplificada. O planeta habitável que mais se sabe detalhes é a Terra, logo entendendo-se melhor as condições em que a vida surgiu na Terra e quais os fatores que permitem que a vida continue existindo e desenvolvendo-se podemos encontrar maneiras de melhor identificar as condições mais gerais que fazem um planeta ser considerado habitável. Um importante conceito que precisa ser introduzido é de zona habitável. A zona habitável é a região esférica em torno de uma estrela na qual um planeta tenha condições de receber a quantidade adequada de luz solar e que seja suficiente para manter água no estado líquido na sua superfície(WILLIAMS; POLLARD, 2002). Um planeta estar na zona habitável não significa que há vida lá, apenas significa que que nesse planeta pode haver água no estado líquido. Por a água ser o mais eficiente solvente do planeta ela consegue se associar a diversas substâncias e como a vida se originou na água os organismos terrestre tem uma grande dependência com esse composto químico(MARIN-MORALES *et al.*, ). É por isso que há essa associação com a possibilidade de existência de água num planeta e a capacidade

desse planeta abrigar vida. Vários outros fatores podem ser considerados importantes para a presença de vida em um planeta, mas, novamente, esses fatores são baseados na experiência que sabemos sobre a Terra. Dentre esses fatores estão a longevidade da estrela na qual o planeta orbita, que deve proporcionar energia luminosa por tempo suficiente para que haja condições de surgir vida, a composição do planeta, que deve ser rochoso, para que haja possibilidade da água poder se manter o tempo necessário na superfície para a evolução da vida, o campo magnético, que, no caso da Terra, é de suma importância para a proteção da sua superfície contra ataques de partículas energéticas vindas dos vento estelares e dos raios cósmicos(MELLO, 2016).

## 2.5 A química prebiótica

A teoria da geração espontânea, proposta por Aristóteles(384-322 a.C.), permaneceu por bastante tempo como teoria aceita pela comunidade científica. A teoria dizia que seria possível a vida surgir de maneira espontânea, formada por poucos elementos básicos. Um exemplo disso seriam as larvas que surgiam em pedaços de carne durante o processo de putrefação. Francesco Redi(1626-1697) foi uns dos primeiros cientista a realizar experimentos que contradiziam essa teoria, pelo menos em parte. Seu experimento mostrou que na verdade as larvas que apareciam na carne putrefata na verdade eram larvas depositadas por moscas. Porém, Um biólogo inglês, John Turberville Needham (1713-1781), realizou experimentos mostrando que mesmo num frasco selado, para impedir a entrada de insetos, e aquecido por um determinado tempo, organismos vivos podiam ser observados, isso mostrava que, aparentemente, a teoria da geração espontânea ainda estava correta (ZAIA *et al.*, 2016a). O experimento que refutou de vez essa teoria foi realizado por Louis Pasteur(1822-1895). O experimento consistia em colocar um líquido com material orgânico num frasco, aquecê-lo e depois alongar o gargalo e curvâ-lo, de maneira a não isolá-lo completamente do ar. O resultado foi que não surgiram micro-organismos nesse situação, porém, após quebrar o gargalo notou-se após um tempo o surgimento de micro-organismos no frasco, mostrando que, na verdade, era o ar que contaminava a amostra (ZAIA *et al.*, 2016a). Passados quase 60 do experimento de Pasteur praticamente não foram abordadas mais questões acerca das origens da vida .

Na década de 20 o bioquímico Soviético Alexander Oparin(1894-1980) e o biólogo J.B.S Haldane(1892-1964) desenvolveram, de maneira independente, uma teoria sobre a origem da vida em que a vida teria se originado a partir de matéria inanimada. A hipótese de Oparin-Haldane é de que os aminoácidos teriam surgidos a partir de moléculas carbonadas, num ambiente

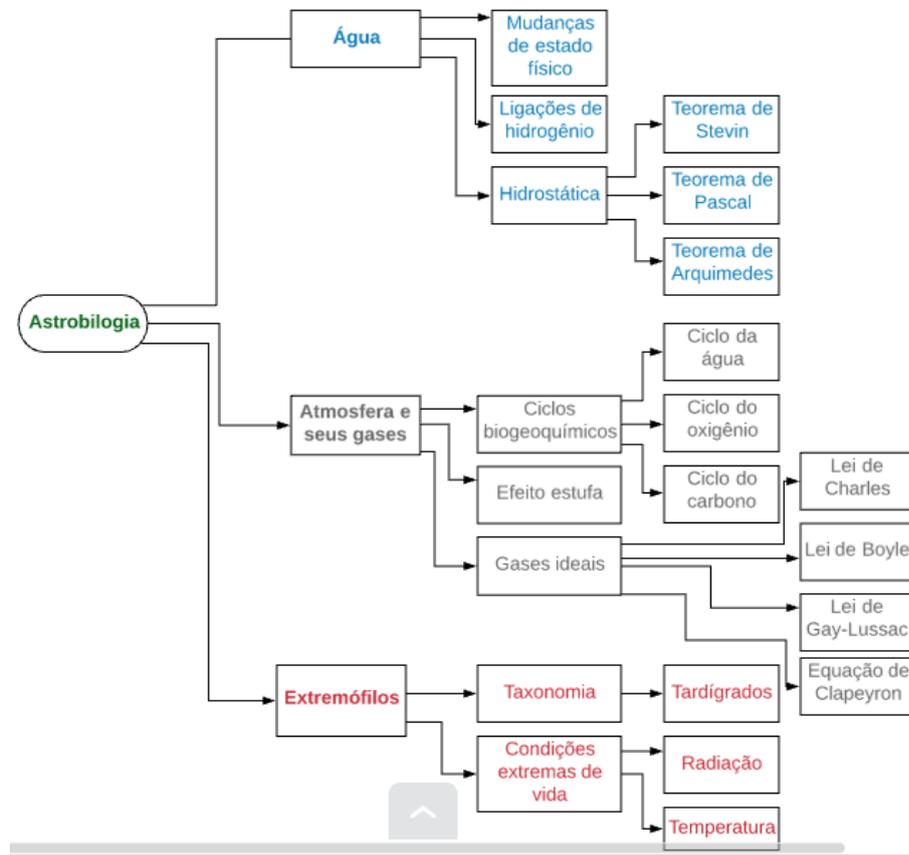
reductor. De maneira simplificada a hipótese sugere que moléculas consideradas simples como  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ,  $H_2S$  etc., teriam reagido entre si para produzirem moléculas mais complexas como aminoácidos, lipídios etc. e essas moléculas reagiram entre si para formarem polímeros que, por sua vez, se combinariam para formar “estruturas coacervadas”, nome dado por Oparin, e essas estruturas se assemelhariam com as células. No interior das estruturas coacervadas ocorreriam reações de tal maneira que após um determinado tempo, atingiria uma complexidade em que essas estruturas teriam as mesmas características de um ser vivo (ZAIA *et al.*, 2016b). O químico Harold Urey (1893-1981), na década de 50, deduziu que a atmosfera da Terra primitiva seria semelhante a de planetas gasosos como Júpiter e Saturno. No caso, esses planetas gasosos mantiverem sua atmosfera por causa da alta gravidade e baixa temperatura, já os planetas rochosos como Marte e Terra teriam perdido essa atmosfera por estarem mais próximos do sol e pela baixa gravidade. Essa atmosfera da Terra primitiva seria composta de amônia, metano e hidrogênio (DAMINELI; DAMINELI, 2007). Um experimento realizado por Stanley Lloyd Miller (1930-2007), até então aluno de Urey, confirmou a hipótese de Oparin-Haldane. O experimento consistia em simular as condições da atmosfera da Terra primitiva pressupostas por Oparin-Haldane. Em um sistema fechado, Miller introduziu vapor d’água e os principais gases presentes na atmosfera primitiva da Terra postulada por Oparin-Haldane, amônia, hidrogênio e metano. Para simular as condições caóticas da atmosfera, Miller proveu descargas elétricas e ciclos de aquecimento e condensação de água e, dessa forma, conseguiu observar a formação de diversas moléculas orgânicas (aminoácidos) (PILLING *et al.*, ). Com a comprovação da hipótese de Oparin-Haldane surgiu um novo ramo da ciência denominado “química prebiótica”. Porém, posteriormente, houveram algumas críticas relacionadas ao experimento de Miller e uma delas era a de que a atmosfera terrestre nunca teria sido tão redutora como supunha Miller e Urey, porém neutra e oxidante ( $CH_4$ ,  $N_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$ ). Porém existe um problema em se utilizar atmosferas neutras/oxidantes em experimentos similares ao de Miller, é a de que a quantidade de aminoácidos sintetizados é bastante baixa. Porém foi observado que mesmo em ambientes oxidantes/neutros poderia haver a formação de aminoácidos, bastando utilizar fontes de energia mais intensa (ZAIA *et al.*, 2016b). Há outras críticas ao experimento de Miller, porém, até agora há vários experimentos que demonstram que o experimento de Miller ainda permanece válido. Desde então a química prebiótica tem evoluído bastante. É uma ciência bastante interdisciplinar que se beneficia da contribuição de áreas diversas, como a química, biologia, astrofísica, geologia etc. Atualmente a química prebiótica se propõe a estudar e tentar entender, dadas as condições

químicas do planeta e do sistema solar, como a vida poderia ter surgido de maneira natural na Terra ou em outro lugar(II, 2012).

### 3 METODOLOGIA

Neste trabalho será feita uma divisão em capítulos e seções com temas relacionados a Astrobiologia e que de alguma forma são abordados no ensino médio e/ou no ensino fundamental. Os capítulos conterão os temas mais gerais e serão dedicados a explicar a importância do tema em questão para a Astrobiologia. As seções e subseções conterão os temas e assuntos que são abordados no ensino médio ou no ensino fundamental nas disciplinas de ciência e que fazem parte do escopo do tema abordado no capítulo em questão. Para fins didáticos foi construído um fluxograma apresentando como os capítulos, seção e subseções se conectam entre si. Este fluxograma está representado na figura 1.

Figura 1 – Fluxograma dos capítulos, seções e subseções



Fonte: Autor.

Não se pretende aqui propor substituir a forma e o conteúdo que normalmente já é ministrado pelos professores nas escolas mas sim oferecer uma opção de abordagem para se introduzir determinados temas da ciência dos ensinos médio e fundamental.

Com o objetivo de mostrar na prática como essas aulas poderiam ser ministradas no ensino básico foram construídos 3 planos de aula com alguns dos temas expostos neste trabalho.

## 4 A ÁGUA E SUA IMPORTÂNCIA PARA A VIDA NA TERRA

A água é um tema bastante recorrente na ciência nos ensinos médio e fundamental, tanto em biologia como na física e na química. Esta seção irá tratar da importância do entendimento sobre a água para a Astrobiologia e como esse tema pode ser abordado nas disciplinas de ciência.

Como dito anteriormente, o estudo da Astrobiologia envolve muitos aspectos envolvendo o planeta Terra uma vez que é único local com vida abundante que conhecemos. Logo é de extrema importância para os astrobiólogos entenderem como a água contribuiu no processo do surgimento e manutenção da vida na Terra. Sabendo disso é interessante que se tenha um conhecimento científico básico sobre a água. Para isso essa seção será dividida em subseções abordando alguns temas relevantes sobre a água que são abordados nos ensinos médio e fundamental.

A água é ,certamente, a substância de maior relevância para a vida e, segundo o entendimento da ciência atualmente, o planeta Terra é o único planeta onde há água nos seus três estados físicos, sólido, líquido e gasoso. A água tem um papel central também na questão climática(LOZÁN *et al.*, 2007). A grande quantidade de água contida em todas as formas de vida na Terra mostra sua grande relevância para todos os seres vivos. Em geral, a quantidade de água nos animais e plantas pode variar de 50 a 80%(LOZÁN *et al.*, 2007). É graças as propriedades físicas e químicas da água que as biomoléculas, que são as moléculas constituintes dos seres vivos, podem existir, pois a maioria das reações que ocorrem no interior dos seres vivos são em meio aquoso. Além de servir como solvente para essas reações a água participa de várias reações importantes para os seres vivos, como a fotossíntese(CARMONA *et al.*, 2016).

### 4.1 Mudanças de estado físico da água

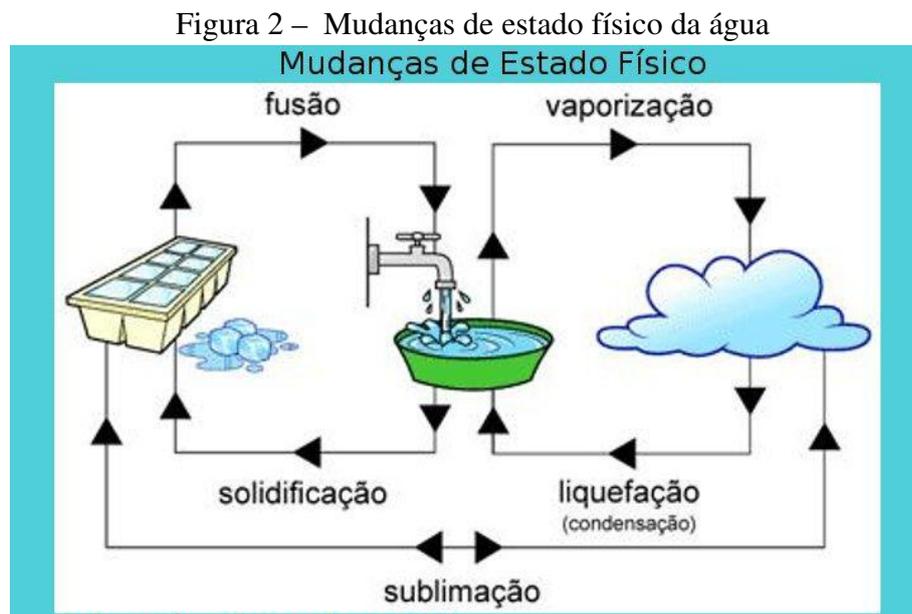
Como dito anteriormente, a água se encontra em seus três estados físicos na Terra e isso é um dos fatores que possibilitam a vida na terra com tanta abundância.

O estado físico da matéria pode ser definido através de forças de coesão e repulsão. Quando a força de coesão superar a de repulsão, teremos a fase de agregação chamada de sólido, quando as forças forem de mesma intensidade, teremos um líquido, quando a de repulsão superar a de coesão, teremos então um gás (FELTRE, 2004).

Para que substância passe de um estados físico para outro precisa ocorrer alguma

mudança de estado físico, que serão definidas a seguir. A fusão é a passagem do estado sólido para o líquido. A transformação inversa dessa passagem é a solidificação. Já a vaporização é definida como a passagem do estado líquido para o gasoso e o inverso dessa transformação é a liquefação(ou condensação). Na sublimação ocorre a passagem do estado sólido para o gasoso direto, sem passar pelo estado líquido e sua transformação inversa tem o mesmo nome (BôAS *et al.*, 2016b).

A figura 2 mostra, de maneira mais lúdica, essas mudanças de estado.

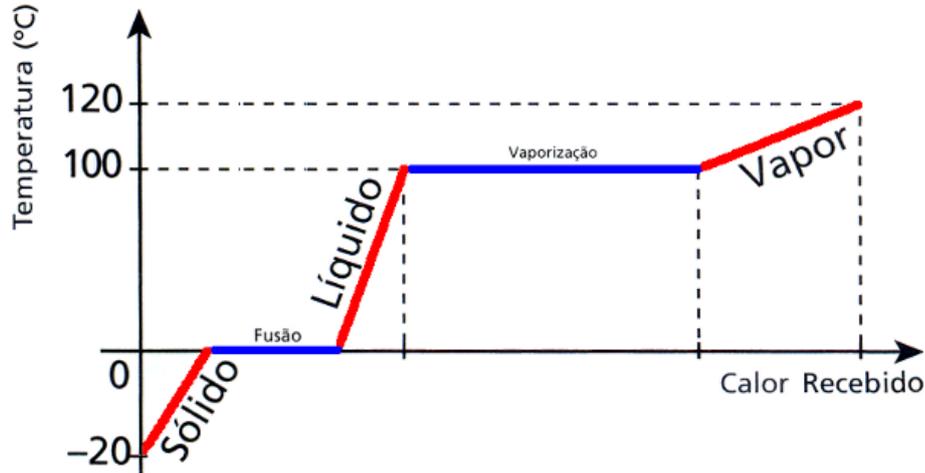


Fonte: Uma Química Irresistível (2011).

Um conceito importante e que nos ajuda a entender melhor o fenômeno das mudanças de estado físico é o conceito de calor latente. O calor latente é definido como a energia térmica que se transforma em energia potencial de agregação onde essa transformação pode alterar o arranjo físico das partículas do sistema e provocar uma mudança de estado, sem, no entanto, alterar a temperatura (BôAS *et al.*, 2016b). De maneira resumida é o calor responsável por fazer uma substância mudar o seu estado físico.

A figura 3 mostra as mudanças de estados físicos da água em relação ao calor recebido.

Figura 3 – Gráfico que relaciona temperatura e calor recebido pela água



Fonte: gomes (2009).

## 4.2 Ligações de hidrogênio e a tensão superficial na água

A água é dotada de comportamentos bastante peculiares e que favorecem a vida. Um desses comportamentos é quando a água cria uma película, que se assemelha a uma película elástica, na sua superfície e que é responsável pelo formato que uma gota de água assume e por fazer com que alguns insetos possam andar sobre a água. Esse fenômeno é chamado de tensão superficial (FELTRE, 2004). A Figura 4 mostra um inseto suspenso na superfície da água em consequência da tensão superficial.

Figura 4 – Inseto sobre a superfície da água



Fonte: iguiecolgia (2018).

Para compreender esse fenômeno precisamos entender como as forças intermoleculares agem na água através das ligações de hidrogênio, que são um caso particular de ligações dipolo-dipolo. As ligações dipolo-dipolo se formam entre moléculas polares de uma mesma substância. A polaridade ocorre quando uma molécula apresenta uma extremidade mais eletronegativa e outra mais eletropositiva e dessa forma a “parte negativa” de uma molécula pode atrair “a parte positiva” da outra. Quando essas ligações dipolo-dipolo envolvem moléculas formadas por átomos de hidrogênio e átomos fortemente eletronegativos, como é o caso da água, formado por hidrogênio e oxigênio, que é bastante eletronegativo, temos então as ligações de hidrogênio, caracterizadas por serem bastante intensas. Uma consequência interessante das ligações de hidrogênio existentes na água é, justamente, a sua elevada tensão superficial. As moléculas no interior do líquido são atraídas por todos os lados, já as que estão na superfície são atraídas apenas pelas moléculas “de baixo” e “dos lados” fazendo com que haja uma interação mais intensa na superfície e assim gerando essa “película” (FELTRE, 2004).

### 4.3 Hidrostática

A Água é certamente o fluido mais importante para a vida e existe em abundância na superfície terrestre, logo, é de extrema importância entender o básico sobre o comportamento

e propriedades sobre os fluidos. Nesta parte do trabalho será tratada mais especificamente, de maneira resumida, sobre a hidrostática, que é área da física que estuda os fluidos em equilíbrio (BôAS *et al.*, 2016a).

Antes de discorrer sobre os teoremas fundamentais da hidrostática é importante entender alguns conceitos fundamentais, que serão abordados a seguir.

- Fluidos: É toda substância capaz de fluir ou escoar. São os líquidos e os gases.
- Massa específica( $\mu$ ): É a razão entre a massa( $m$ ) de uma substância pura e o volume( $V$ ) correspondente, à temperatura e pressão constante. É representada pela seguinte fórmula:

$$\mu = \frac{m}{V} \quad (4.3.0.1)$$

- Densidade( $d$ ): É a razão entre a massa( $m$ ) de um corpo pelo volume delimitado pela sua superfície externa( $V_{ext}$ ).

$$d = \frac{m}{V_{ext}} \quad (4.3.0.2)$$

- Pressão( $P$ ): É definido como a força( $F$ ) aplicada perpendicularmente a superfície de um objeto por unidade de área( $A$ ) na qual essa força está distribuída (BôAS *et al.*, 2016a).

$$P = \frac{F}{A} \quad (4.3.0.3)$$

#### 4.3.1 O teorema de Stevin

Existem três teoremas fundamentais na qual a hidrostática se baseia. O teorema de Stevin, o teorema de Pascal e o teorema de Arquimedes. O teorema de Stevin afirma que a diferença de pressão( $\Delta p$ ) entre dois pontos de um líquido em equilíbrio é igual ao produto entre a massa específica do líquido( $\mu$ ) a aceleração da gravidade( $g$ ) e a diferença entre as profundidades( $\Delta h$ ) dos dois pontos (BôAS *et al.*, 2016a).

$$\Delta p = \mu g \Delta h \quad (4.3.1.1)$$

Uma consequência importante do teorema de Stevin é que a pressão exercida por um líquido depende apenas da altura da coluna de líquido no recipiente. Isso pode ser observado no experimento de vasos comunicantes, onde vários recipientes de diferentes formas e conectados

entre si recebem um líquido homogêneo de forma que o nível do líquido é sempre constante em todos os recipientes, ou seja, o líquido estará sempre a mesma altura.

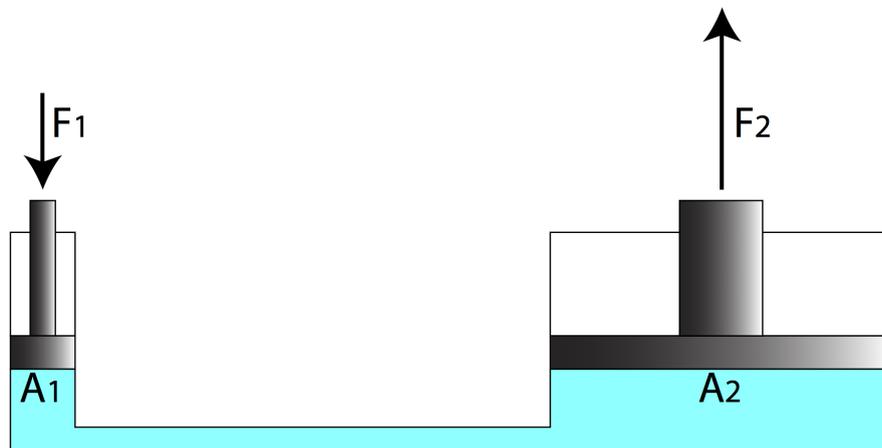
#### 4.3.2 O teorema de Pascal

O teorema ou princípio de Pascal é outro importantíssimo teorema da Hidrostática, tendo inúmeras aplicações práticas. O princípio de Pascal afirma que o acréscimo de pressão exercida sobre um ponto em um líquido é transmitido de maneira integral a todos os outros pontos do líquido e também as paredes do recipiente na qual o líquido está inserido (BôAS *et al.*, 2016a).

Uma notável aplicação prática do teorema de Pascal é o macaco hidráulico, que é uma ferramenta usada para erguer objetos pesados de modo que seu operador se utilize de uma força relativamente pequena.

Para entender o funcionamento dessa ferramenta podemos analisar a figura 5 que representa um líquido incompressível que conecta dois pistões de áreas e diferentes. A força  $F_1$  sobre  $A_1$  gerará uma força  $F_2$  maior em  $A_2$ , pois o acréscimo de pressão deverá ser transmitido de maneira integral, segundo o princípio de Pascal. Então podemos deduzir a seguinte fórmula:

Figura 5 – Macaco hidráulico



Fonte: aplusphysics (2017).

$$\Delta p_1 = \Delta p_2 \quad (4.3.2.1)$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (4.3.2.2)$$

### 4.3.3 O teorema de Arquimedes

Foi através do teorema de Arquimedes que muitas dúvidas sobre a densidade, a flutuação e afundamento de objetos podem ser sanadas. O teorema de Arquimedes afirma que um objeto imerso em um fluido receberá uma força dele, vertical e para cima, denominada de empuxo( $E$ ), e que é igual ao peso( $P_L$ ) do fluido deslocado pelo objeto (BôAS *et al.*, 2016a).

É por meio do teorema de Arquimedes que podemos deduzir uma importante equação sobre o empuxo( $E$ ):

$$E = P_L \quad \text{onde} \quad P_L = m_L g \quad \text{e} \quad m_L = d_L V_L \quad (4.3.3.1)$$

$$E = m_L g \quad (4.3.3.2)$$

$$E = d_L V_L g \quad (4.3.3.3)$$

onde:

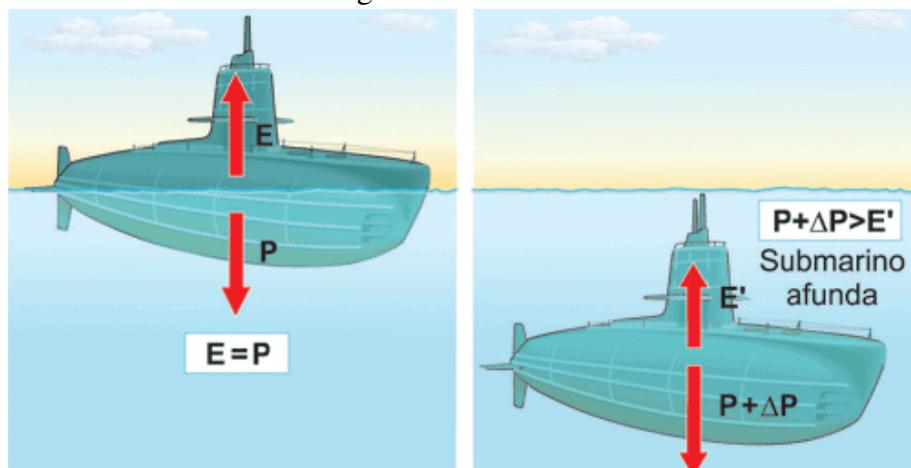
$m_L$  é a massa do líquido deslocado

$d_L$  é a densidade do líquido deslocado

$V_L$  é o volume do líquido deslocado

Uma aplicação prática interessante do teorema de Arquimedes é na construção de submarinos. Submarino é uma embarcação que pode flutuar ou afundar na água conforme a vontade do operador. O que acontece é que bombas de água podem preencher e esvaziar reservatórios contidos dentro do submarino fazendo com que sua densidade e, conseqüentemente, o empuxo exercido sobre ele varie. A figura 6 ilustra essa situação.

Figura 6 – Submarino



Fonte: objetivo (2005).

## 5 A ATMOSFERA E SEUS GASES

Um dos aspectos relevantes para o advento e sustento da vida em um planeta é a sua atmosfera. A Atmosfera planetária é composta por gases e entender o comportamento e as características por trás desses fluidos é essencial. Na física do ensino médio os gases são estudados em termodinâmica, mais especificamente em termodinâmica. Na química é estudado na parte sobre o estudo dos gases ideais. Já na biologia é mais comumente estudado na parte sobre os ciclos biogeoquímicos e efeito estufa.

### 5.1 Os ciclos biogeoquímicos

Os ciclos biogeoquímicos podem ser entendidos como o processo de transição ou reciclagem de substâncias do meio abiótico para mundo dos seres vivos e mais o processo inverso, a transição dessas substâncias dos organismos para o meio ambiente (ROSA *et al.*, 2003).

Esses ciclos são de fundamental importância para o sustento da vida na Terra pois são responsáveis por levar substâncias essenciais para a vida aos seres vivos e depois recuperá-las novamente para a atmosfera, completando o ciclo.

#### 5.1.1 O ciclo da água

Apesar do volume de água na forma vapor encontrada na atmosfera ser bastante reduzida comparada aos outros estados, sólido e líquido ela é bastante relevante quando consideramos o ciclo da água. Uma das formas da água chegar até a atmosfera é através da transpiração e respiração dos seres vivos. Outra forma é pelo processo de evapotranspiração que consiste na evaporação da água de rios, lagos, oceanos e do solo. Ao atingir determinada altura na atmosfera a água, que estava na forma de vapor, condensa por conta das baixas temperaturas. Agora na forma líquida a água precipita na forma de chuva podendo novamente chegar ao solo, lagos ou rios, onde poderá ser consumida pelos seres vivos, ou pode precipitar diretamente nos oceanos, onde é o lar de diversas formas de vida (MENDONÇA, 2016). Na figura 7 pode-se visualizar melhor o ciclo da água de maneira simplificada.

Figura 7 – Ciclo da água

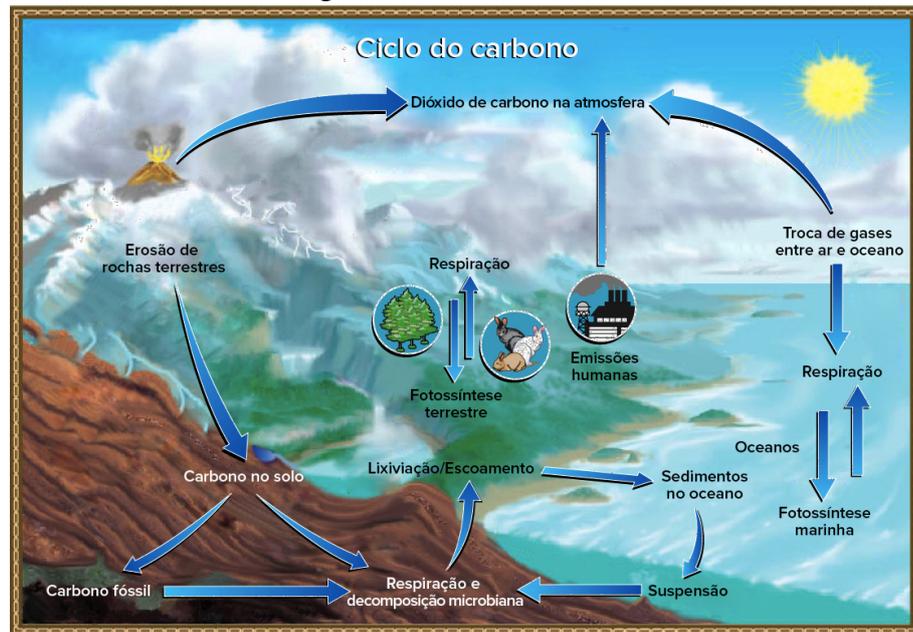


Fonte: Escola Educação (2018).

### 5.1.2 O ciclo do carbono

O carbono(C) é um elemento químico de fundamental importância para os organismos vivos, pois encontra-se na totalidade dos compostos orgânicos. O gás mais comum na atmosfera que contém carbono na sua composição é o gás carbônico( $CO_2$ ) e sua concentração na atmosfera é de aproximadamente 0,03%. É por meio da fotossíntese dos produtores(plantas, algas, etc.) que o  $CO_2$  é removido da atmosfera onde é utilizado na síntese de compostos orgânicos que e vão ser consumidos por outros seres vivos. A liberação de  $CO_2$  na atmosfera ocorre pelos processos de respiração celular, quimiossínteses, realizada pela atividade decompositora das bactérias, pela queima de combustíveis fósseis ou de vegetação(queimadas) ou atividade vulcânica. A figura 8 representa esse ciclo.

Figura 8 – Ciclo do carbono

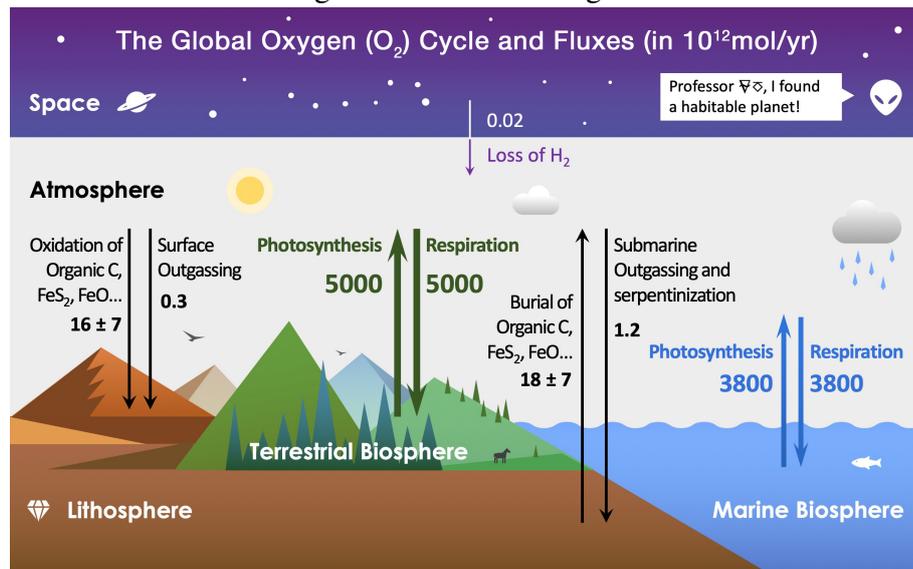


Fonte: Evans e perlman (2017).

### 5.1.3 O ciclo do oxigênio

O oxigênio tem grande participação nos outros ciclos biogeoquímicos pelo fato de estar presente na água ( $H_2O$ ) no gás carbônico ( $CO_2$ ) e em alguns compostos de nitrogênio. Esse ciclo se caracteriza pela circulação do oxigênio através da atmosfera, biosfera e litosfera. Na atmosfera, encontra-se, na sua maior parte, na forma de gás oxigênio ( $O_2$ ) e é responsável pela formação do gás ozônio ( $O_3$ ), que é um gás que se forma a cerca de 30 km de altitude e que é responsável por filtrar os raios UVB que são nocivos aos humanos. Os principais processos que consomem oxigênio são a respiração, a combustão e decomposição enquanto a fotossíntese é o meio predominante para a produção de oxigênio ( $O_2$ ). A figura 9 é uma representação do ciclo do oxigênio.

Figura 9 – Ciclo do oxigênio



Fonte: Wikipédia (2019).

## 5.2 Gases ideais

As vezes pode ser bastante complicado estudar os modelos reais de gases, por isso um modelo teórico mais simplificado, que poderia aproximar o comportamento real dos gases, foi criado. Esse modelo se chama gás ideal. Existem três principais leis envolvendo o estudo dos gases ideais, a Lei de Boyle, a Lei de Gay-lussac e a Lei de Charles.

### 5.2.1 Lei de Boyle

O físico irlandês Robert Boyle (1627-1691) notou que um determinado volume de ar variava inversamente com a variação de pressão na qual era submetido. Mais tarde observou que essa relação da variação de pressão pelo volume só podia ser válida caso a temperatura se mantivesse constante. Esse processo na qual se mantém a temperatura constante é conhecido como transformação isotérmica. A Lei de Boyle afirma que quando um gás ideal sofre uma transformação isotérmica sua pressão varia inversamente a seu volume (BôAS *et al.*, 2016a). A Lei de Boyle pode ser representada pela seguinte fórmula:

$$pV = K_1 \quad (5.2.1.1)$$

onde  $p$  é a pressão,  $V$  o volume e  $K_1$  uma constante dependente da temperatura, da massa, e da natureza do gás.

### 5.2.2 *Lei de Gay-Lussac*

Joseph Louis gay-Lussac(1778-1850), físico e químico francês foi o responsável por consolidar uma lei estabelecida pelo seu compatriota, também físico e químico, Jacques Alexandre Cesar Charles(1746-1823). Ele observou que, a volume constante, pressão e temperatura variavam de maneira diretamente proporcional e ,a pressão constante, volume e temperatura também variavam numa razão direta. A transformação a pressão constante é conhecida como transformação isobárica. A Lei de Gay-Lussac diz que numa transformação isocórica, um gás ideal varia seu volume de maneira diretamente proporcional a sua temperatura absoluta (BôAS *et al.*, 2016a). Pode ser representa pela seguinte fórmula:

$$V = K_2 T \quad (5.2.2.1)$$

onde  $V$  é volume,  $K_2$  é uma constante dependente da pressão, da massa e da natureza do gás e  $T$  é a temperatura absoluta do gás.

### 5.2.3 *A Lei de Charles*

Jacques Alexandre Cesar Charles foi o responsável por determinar que a variação da pressão de um gás é diretamente proporcional a variação de sua temperatura se submetida a volume constante. A transformação gasosa a volume constante é conhecida como transformação isocórica ou isovolumétrica. Através de seus estudos e observações chegou a conclusão de que a temperatura mínima para qualquer sistema deveria ser de  $-273^\circ\text{C}$ . A Lei de Charles estabelece que numa transformação isocórica a temperatura e a pressão variam numa proporção direta (BôAS *et al.*, 2016a). A seguinte fórmula pode representar essa lei:

$$p = K_3 T \quad (5.2.3.1)$$

onde  $p$  é pressão do gás,  $K_3$  é uma contante que depende da massa, do volume e da natureza do gás e  $T$  é a temperatura absoluta do gás.

### 5.2.4 *Equação de Clapeyron*

Benoît Paul-Émile Clapeyron (1799-1864), outro grande físico francês, foi responsável por combinar as Leis de Boyle, Charles e Gay-Lussac em apenas uma equação. Da Lei

de Boyle ele notou que pressão e volume variam em proporção inversa, da Lei de Charles ele observou que a pressão varia diretamente proporcional a temperatura bem como na lei de Gay-Lussac que o volume varia diretamente proporcional a temperatura. Aliado a essas informações ele sabia que a pressão de um gás era também função do seu número de partículas ,ou seja, de sua massa (BôAS *et al.*, 2016a). Tendo ciência disso ele pode montar sua equação seguindo os seguintes passos:

$$p = K \frac{mT}{V} \quad (5.2.4.1)$$

$$(5.2.4.2)$$

onde  $K$  é uma constante dependente apenas da natureza do gás.

Em sua época também já era sabido que, para diferentes gases,  $K = \frac{R}{M}$  onde  $R$  é a constante universal dos gases ideais e  $M$  a massa molar do respectivo gás. Logo ele pode chegar a seguinte relação:

$$p = R \frac{m T}{M V} \implies pV = \frac{m}{M} RT \quad (5.2.4.3)$$

como a razão entre  $m$  e  $M$  é o número de mols( $n$ ) a equação de Clapeyron pode ser escrita na forma definitiva:

$$pV = nRT \quad (5.2.4.4)$$

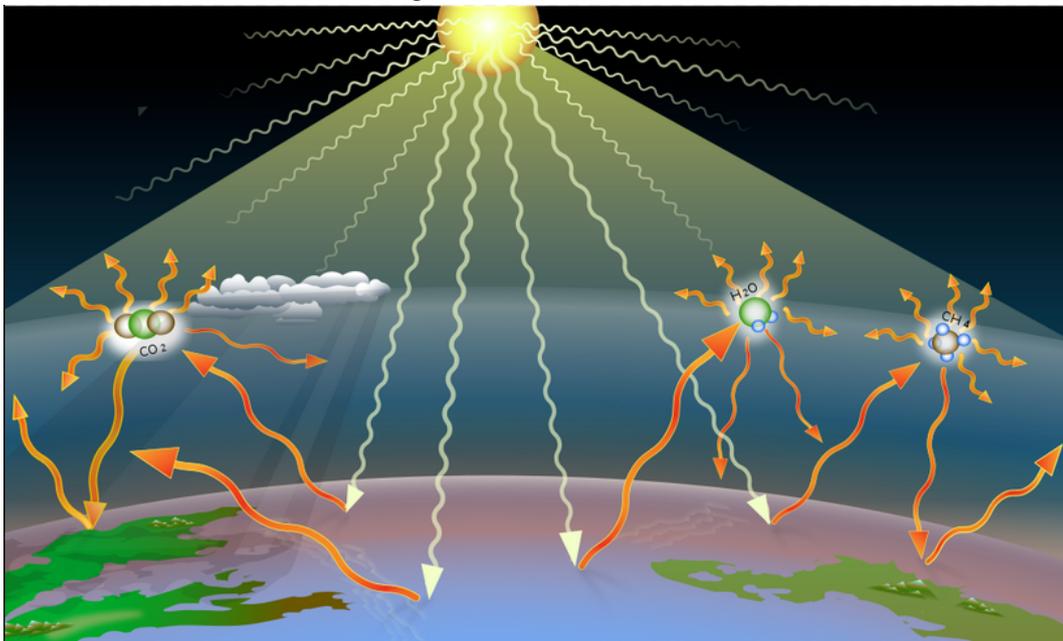
### 5.3 O efeito estufa

O efeito estufa é o processo no qual a radiação que atinge a atmosfera planetária faz com que superfície do planeta aqueça a uma temperatura maior do que se não existisse atmosfera. Os gases responsáveis por esse efeito são chamados de gases de efeito estufa (WIKIPEDIA, 2019). Esses gases servem para impedir que parte da radiação emitida pelo sol escape de volta para o espaço fazendo com que a temperatura média do nosso planeta se mantenha em torno de  $15^{\circ}\text{C}$ . Esse fenômeno é absolutamente essencial para a manutenção da vida na Terra bem como foi para o seu surgimento. Sem esse efeito a temperatura da Terra poderia girar em torno de  $-15^{\circ}\text{C}$ , impossibilitando a existência de água no estado líquido e,

consequentemente, inviabilizando a manutenção da vida, na forma como a conhecemos, na Terra (USP, 2006).

Dentre os gases do efeito estufa estão o vapor d'água( $H_2O$ ), dióxido de carbono( $CO_2$ ), ozônio( $O_3$ ), metano( $CH_4$ ), óxido nitroso( $N_2O$ ) e o clorofluorcarbono( $CFC$ ). O vapor d'água é o principal gás responsável pelo efeito estufa e sua emissão para atmosfera é exclusivamente através de fontes naturais. Já o dióxido de carbono( $CO_2$ ) e o metano( $CH_4$ ) são os principais gases do efeito estufa que são geradas, em sua maior parte, por atividades que, de alguma forma, estão relacionadas aos seres humanos. Nas últimas décadas tem se levantado fortes questionamentos sobre os principais fatores do aquecimento global, que é o fenômeno do aumento da temperatura média terrestre. Sabe-se que a principal causa do aquecimento global é a intensificação do efeito estufa, porém existem inúmeras controvérsias sobre a causa desse intensificação. Apesar da maior parte dos cientistas atribuírem a intensificação desse efeito à ação humana existem também os que afirmam que a ação humana não tem influência relevante para o aquecimento global (SILVA; PAULA, 2009). De todo modo o aquecimento global é um fato e tem se intensificado nos últimos anos, e suas consequências desastrosas podem ampliar no futuro. Uma esquematização do efeito estufa pode ser observada na figura 10.

Figura 10 – Efeito estufa



Fonte: Wikipedia (2019).

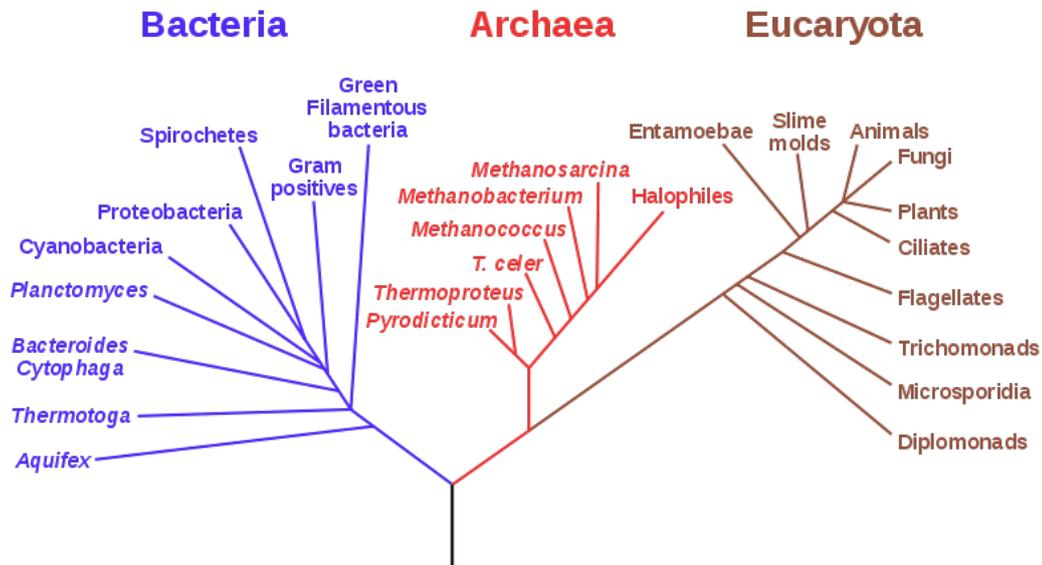
## 6 EXTREMÓFILOS

Os extremófilos são seres que possuem a capacidade de viver e prosperar sob condições de ambiente extremas. Possuem representantes dos três domínios (Bacteria, Arquea e Eukarya) (CAVICCHIOLI, 2002). Alguns exemplos de condições extremas são: temperaturas elevadas; altas pressões; radiação intensa; etc. O estudo desses organismos é de grande interesse para a Astrobiologia pois pode ajudar a compreender como a vida pode surgir e se manter em lugares considerados extremamente inóspitos, até mesmo fora da Terra, como o planeta Marte ou a lua de Júpiter, Europa, onde existe fortes evidências da existência de lagos abaixo da superfície que poderiam abrigar vida. Logo, tentar entender alguns aspectos sobre esses organismos se mostra relevante e esse capítulo será dedicado a abordar alguns temas envolvendo esse assunto.

### 6.1 Taxonomia: classificação dos seres vivos

Como dito anteriormente, existem seres extremófilos em cada um dos domínios. que é a mais alta unidade taxonômica. Por esse motivo, é de grande relevância entender melhor sobre as formas atuais de se classificar os seres vivos, que seria através da taxonomia. A taxonomia é definida como a área da biologia que se dedica a classificar os seres vivos e prover uma nomenclatura adequada à cada grupo formado (MOREIRA, 2015). Carl Linnaeus (1707-1778), um biólogo sueco, foi quem introduziu o termo taxonomia e um sistema de classificação de seres vivos usado até hoje. Atualmente os grupos taxionômicos se dividem da seguinte maneira, em ordem decrescente de hierarquia científica: domínio; reino; filo; classe; ordem; família; gênero; espécie. Essa classificação é baseada em características comuns entre os seres vivos e tem o intuito de facilitar o estudo sobre as espécies. A figura 11 apresenta um esquema simplificado das ramificações taxonômicas.

Figura 11 – Árvore filogenética da vida  
**Phylogenetic Tree of Life**



Fonte: Moreira (2010).

### 6.1.1 Tardígrados

Tardigrada (popularmente conhecidos como tardígrados), representam um filo de animais segmentados de oito patas. São seres extremófilos que são capazes de sobreviver em condições adversas de vida, por exemplo: baixíssimas temperaturas, em torno  $-272^{\circ}\text{C}$ ; altas temperaturas, até  $150^{\circ}\text{C}$ ; altas e baixas pressões; radiações que seriam letais para maioria dos seres vivos; longos períodos de desidratação; etc. Para suportar essas condições extremas eles suspendem a maior parte das funções vitais do corpo quando em situações desfavoráveis a vida (LORENZINI, 2013). Uma ilustração do tardígrado, também conhecido como urso d'água, está representada na figura 12.

Figura 12 – Tardígrado(urso d'água)



Fonte: rukanoga (2016).

Podemos usar os tardígrados como exemplo para ilustrar como é usada a taxonomia para classificar os seres vivos. Os tardígrados são um dos 54 filos do reino animalia, que por sua vez é parte de um dos cinco reinos existentes na classificação atual: monera; protista; animalia; fungi; plantae. Acima dos reinos há os domínios, dividido em três grupos: eubacteria; archaea; eukaria. O reino animalia faz parte do domínio eukaria, que abrange os organismos que possuem núcleo celular organizado.

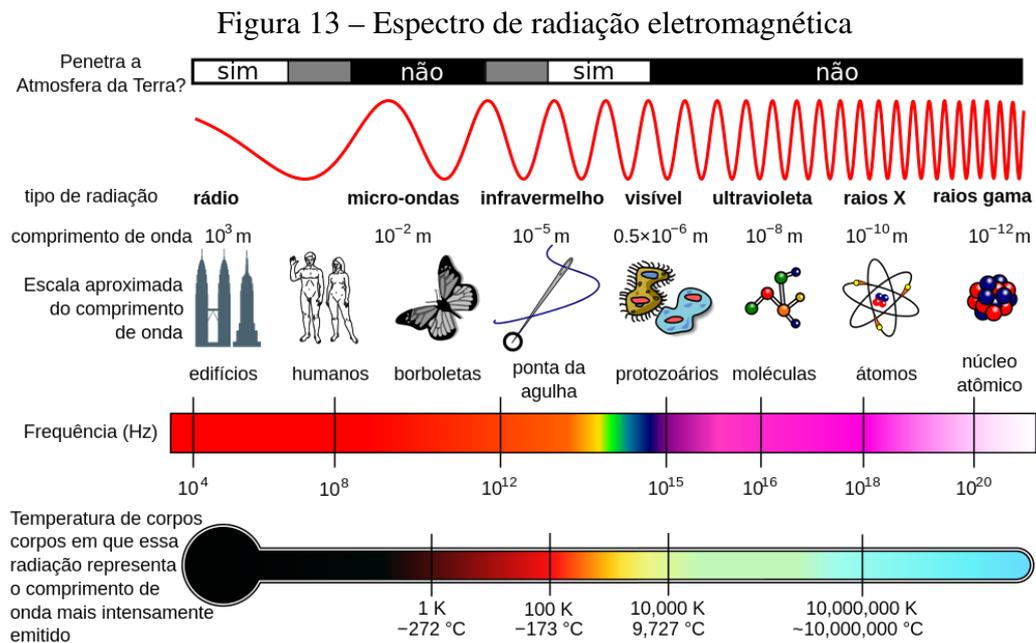
Em 2007, tardígrados desidratados foram levados até a órbita da Terra e, após 10 dias, foram os primeiros animais, que se tem conhecimento, a conseguirem sobreviver às condições de baixa pressão e intensa radiação advindas do espaço (COURTLAND, 2008).

## 6.2 Condições extremas de vida

Como citado anteriormente, os extremófilos são seres caracterizados por suportarem habitar locais inóspitos, em condições que seriam letais para a maior parte dos outros organismos vivos. Para entender melhor que situações ou condições esses seres são capazes de suportar e por que essas condições poderiam levar a morte boa parte dos seres vivos, esse capítulo será dedicado a resumir algumas dessas condições.

### 6.2.1 Radiação

A radiação, por si só, não pode ser considerado um fenômeno maléfico, pois, no sentido mais geral, refere-se a radiação eletromagnética, que é definido como uma oscilação constituída por um campo elétrico e magnético e que, se propagando no vácuo, possui uma velocidade de  $299.792.458 \text{ m/s}$  (BôAS *et al.*, 2016b). Uma ilustração do espectro de radiação eletromagnética pode ser vista na figura 13.



Fonte: khemis (2015).

A radiação só pode ser considerada letal a partir de determinadas frequências e quando emitidas por elemento radioativos. A radioatividade foi consolidada como fato científico quando o químico Antoine-Henri Becquerel(1852-1908) no ano de 1896 realizou experimentos envolvendo o Urânio e observou que ele deixava marcas num filme fotográfico causados pela radiação emitida por esse elemento. A radioatividade está ligada a radiação de elementos químicos cuja intensidade seja capaz de produzir fenômenos como a fluorescência. Esse processo ocorre quando o átomo possui excesso de partículas ou cargas e, para se estabilizar, precisar liberar energia por meio da radiação (PEDROLO, 2016). Um elemento radioativo pode emitir partículas de três tipos: alfa( $\alpha$ ); beta( $\beta$ ); gama( $\gamma$ ). Os raios  $\alpha$  e  $\beta$  são partículas que possuem carga elétrica e podem ser afetadas por um campo magnético. Já os raios  $\gamma$  são ondas eletromagnéticas. Os raios  $\gamma$ , que são obtidos por processos nucleares, podem ser fatais para a maioria dos organismos vivos na terra. Mesmo sendo tão letal, os tardígrados são capazes de resistir a altas doses desse

tipo de radiação (JÖNSSON *et al.*, 2015).

### 6.2.2 *Temperatura*

Antes de entender como temperaturas extremas podem afetar a vida deve-se entender primeiro o conceito de temperatura. É importante salientar que o conceito de quente e frio são conceitos informais e que do ponto de vista da física não representam relevância, pois são conceitos relativos, logo o conceito de temperatura não pode estar ligado meramente a uma sensação humana. Porém sabe-se que um gás ao ser aquecido, além de aumentar sua temperatura, tende-se a expandir, então é natural associar a temperatura à agitação das partículas de um gás, pois uma maior agitação dessas partículas causa uma expansão do gás. Foi nesse sentido que surgiu a ideia de que temperatura é o grau de agitação das partículas que constituem um corpo (BÔAS *et al.*, 2016b).

É natural pensar que a vida possa encontrar dificuldades para se proliferar e se manter em ambientes de extremas temperaturas, pois em elevadas temperaturas um corpo tende a sofrer severas transformações físicas e químicas e em baixas temperaturas um corpo pode cessar suas funções vitais. Entretanto os extremófilos são capazes de sobreviver tanto em temperaturas altíssimas, como nos lagos do parque Nacional de Yellowstone, nos Estados Unidos, onde as temperaturas podem chegar a  $82^{\circ}\text{C}$ , bem como em baixíssimas temperaturas, por exemplo, no interior do lago Vostok localizado no continente antártico, onde foi registrado a temperatura de  $-89^{\circ}\text{C}$ , a menor já registrada na Terra (PILLING *et al.*, 2001).

## 7 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentada uma proposta que se baseia no uso da Astrobiologia como recurso motivador para o ensino de ciências. Foi abordado, também, assuntos que são de grande relevância para a Astrobiologia, na parte da fundamentação teórica, com intuito de consolidar alguns conceitos referentes a essa área científica, visto que esse campo de pesquisa é relativamente recente comparado a outros campos já consolidados da ciência.

Além disso, foi verificado que a Astrobiologia pode ser usada não somente como recurso motivador mas também como ferramenta para se introduzir conceitos de interdisciplinaridade, uma vez que abrange diversas áreas da ciência.

Deste modo, este trabalho visa engrandecer a formação educacional dos discentes, consolidando assuntos científicos que, muitas vezes, são vistos de maneira vaga na escola.

## REFERÊNCIAS

- APLUSPHYSICS. **Macaco hidráulico**. 2017. Disponível em: <<https://www.aplusphysics.com/courses/honors/fluids/Pascal.html>>. Acesso em: 5 nov. 2019.
- BLUMBERG, B. S. The nasa astrobiology institute: Early history and organization. 2003.
- BOECHAT-ROBERTY, H. M. **Astrobiologia, uma ciência emergente**. [s.n.], 2016. 71 p. Disponível em: <<https://www.iag.usp.br/astrobiologia/sites/default/files/astrobiologia.pdf>>.
- BONATTO, a.; BARROS, C. R.; GEMELI, R. A.; LOPES, T. B.; FRISON, M. D. **INTERDISCIPLINARIDADE NO AMBIENTE ESCOLAR**. 2012. Disponível em: <<http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/viewFile/2414/501>>. Acesso em: 22 nov. 2019.
- BôAS, N. V.; DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J. **Física 1, mecânica**. [S.l.]: saraiva, 2016. v. 1.
- BôAS, N. V.; DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J. **Física 2, termologia, ondulatória, óptica**. [S.l.]: saraiva, 2016. v. 2. 44 p.
- CARMONA, e. C.; TERRONE, c. C.; NASCIMENTO, j. Montesino de F.; ANGELIS, D. Franceschi de. Importância da Água e suas propriedades para a vida. 2016. Disponível em: <<http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/projetos/qualidade-da-agua/boletim-das-aguas/artigos-cientificos/importancia-da-agua-e-suas-propriedades-para-a-vida-1>>. Acesso em: 29 oct. 2019.
- CAVICCHIOLI, R. **Extremophiles and the Search for Extraterrestrial**. 2002. Disponível em: <<http://sombacteriasyvirus.com/extremophiles.pdf>>. Acesso em: 8 nov. 2019.
- COURTLAND, R. **'Water bears' are first animal to survive space vacuum**. 2008. Disponível em: <<https://www.newscientist.com/article/dn14690-water-bears-are-first-animal-to-survive-space-vacuum/>>. Acesso em: 15 nov. 2019.
- DAMINELI, a.; DAMINELI, d. S. C. Origens da vida. p. 272, 2007.
- DICK, S. J. Origins and development of nasa's exobiology program, 1958–1976. v. 65, n. 1–2, p. 1–5, 2009.
- ESCOLA EDUCAÇÃO. **Ciclo da água**. 2018. Disponível em: <<https://escolaeducacao.com.br/wp-content/uploads/2018/11/ciclo-da-agua-750x430.jpg>>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- EVANS, j. M.; PERLMAN, H. **Ciclo do carbono**. 2017. Disponível em: <<https://cdn.kastatic.org/ka-perseus-images/4a170aef36887fe101bf251fdfee5796aa2a4bfa.png>>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- FELTRE ricardo. **Química Geral**. [S.l.]: moderna, 2004. v. 1.
- GOMES josé marcelo. **Gráfico do calor latente da água**. 2009. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=7755>>. Acesso em: 1 nov. 2019.

IGUIECOLOGIA. **Inseto na superfície da água**. 2018. Disponível em: <<https://www.iguiecologia.com/animais-que-andam-sobre-as-aguas/inseto-tensao-superficial/>>. Acesso em: 5 nov. 2019.

II, H. J. C. Prebiotic chemistry: What we know, what we don't. p. 1, 2012.

JÖNSSON, K. I.; HARMS-RINGDAHL, M.; HAGHDOOST, S.; WOJCIK, A. **Tolerance to Gamma Radiation in the Tardigrade *Hypsibius dujardini* from Embryo to Adult Correlate Inversely with Cellular Proliferation**. 2015.

KHEMIS. **Espectro Eletromagnético**. 2015. Disponível em: <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/36/Espectro\\_EM\\_pt.svg/1024px-Espectro\\_EM\\_pt.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/36/Espectro_EM_pt.svg/1024px-Espectro_EM_pt.svg.png)>. Acesso em: 15 nov. 2019.

LORENZINI, N. **UM SUPER-HERÓI POUCO CONHECIDO**. 2013. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/cienciaparatodos/wp-content/uploads/2013/12/pag11-Ciencia.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2019.

LOZÁN, j. L.; MEYER, s.; KARBE, I. Essential for life - water in view of natural sciences. 2007. Disponível em: <[http://www.lozan.de/veroeffentlichungen/paper/lozan\\_etal.pdf](http://www.lozan.de/veroeffentlichungen/paper/lozan_etal.pdf)>. Acesso em: 15 oct. 2019.

MARIN-MORALES, m. A.; ROBERTO DEJANIRA DE FRANCESCHI DE ANGELIS, m. M.; ANGELIS, d. Attili de. Importância da água para a vida e garantia de manutenção da sua qualidade. p. 1.

MELLO, G. P. de. **Astrobiologia, uma ciência emergente**. [s.n.], 2016. 75–76 p. Disponível em: <<https://www.iag.usp.br/astrobiologia/sites/default/files/astrobiologia.pdf>>.

MENDONÇA vivian I. **Biologia: ecologia, origem da vida e biologia celular, embriologia histologia**. [S.l.]: ajs, 2016. v. 1.

MOREIRA, C. **Árvore filogenética da vida**. 2010. Disponível em: <<https://wikiciencias.casadasciencias.org/wiki/index.php/Ficheiro:arvorefilowoese.png>>. Acesso em: 13 nov. 2019.

MOREIRA, C. **Taxonomia**. 2015. Disponível em: <<https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2015/051/>>. Acesso em: 12 nov. 2019.

OBJETIVO curso. **empuxo sobre submarino**. 2005. Disponível em: <[https://www.curso-objetivo.br/vestibular/roteiro\\_estudos/submarino.aspx](https://www.curso-objetivo.br/vestibular/roteiro_estudos/submarino.aspx)>. Acesso em: 5 nov. 2019.

PEDROLO caroline. **Espectro Eletromagnético**. 2016. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/quimica/radioatividade/>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

PILLING, s.; MARTINS, e. Cristine de F. M.; VASCONCELOS, f. de A. **Extremófilos (tipos, propriedades, zona de habitabilidade extrema)**. 2001. Disponível em: <[https://www1.univap.br/spilling/AB/Aula\\_16Extremofilos.pdf](https://www1.univap.br/spilling/AB/Aula_16Extremofilos.pdf)>. Acesso em: 15 nov. 2019.

PILLING, s.; MORAIS, a. de; BONFIM, v. de S. Síntese pré-biótica via processos abióticos (experimentos). introdução a astroquímica. formação dos primeiros peptídeos. p. 1.

RODRIGUES, F.; GALANTE, D.; AVELLAR, M. G. B. **Astrobiologia, uma ciência emergente**. [s.n.], 2016. 28 p. Disponível em: <<https://www.iag.usp.br/astrobiologia/sites/default/files/astrobiologia.pdf>>.

RODRIGUES, F.; GALANTE, D.; AVELLAR, M. G. B. **Astrobiologia, uma ciência emergente**. [s.n.], 2016. 29 p. Disponível em: <<https://www.iag.usp.br/astrobiologia/sites/default/files/astrobiologia.pdf>>.

RODRIGUES, F.; GALANTE, D.; AVELLAR, M. G. B. **Astrobiologia, uma ciência emergente**. [s.n.], 2016. 43–50 p. Disponível em: <<https://www.iag.usp.br/astrobiologia/sites/default/files/astrobiologia.pdf>>.

ROSA, r. da silva; MESSIAS, r. amorin; AMBROZINI, b. Importância da compreensão dos ciclos biogeoquímicos para o desenvolvimento sustentável. 2003. Disponível em: <<http://www.iqsc.usp.br/iqsc/servidores/docentes/pessoal/mrezende/arquivos/EDUC-AMB-Ciclos-Biogeoquimicos.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2019.

RUKANOVA. **Tardigrade (Water Bear)**. 2016. Disponível em: <<https://newatlas.com/tardigrades-survive-until-death-sun/50479/>>. Acesso em: 13 nov. 2019.

SILVA, R. Willians da C.; PAULA, b. Lima de. **Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural**. 2009. Disponível em: <[https://www.ige.unicamp.br/terraeduc/v5/pdf-v5/TD\\_V-a4.pdf](https://www.ige.unicamp.br/terraeduc/v5/pdf-v5/TD_V-a4.pdf)>. Acesso em: 8 nov. 2019.

UMA QUÍMICA IRRESISTÍVEL. **Tensão superficial - algumas experiências**. 2011. Disponível em: <<http://umaquimicairresistivel.blogspot.com/2011/12/tensao-superficial-algumas-experiencias.html>>. Acesso em: 1 nov. 2019.

USP. **Efeito estufa**. 2006. Disponível em: <<http://www.usp.br/qambiental/tefeitoestufa.htm>>. Acesso em: 8 nov. 2019.

WIKIPEDIA. **Alternate version of the greenhouse effect**. 2019. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Greenhouse-effect-t2.svg>>. Acesso em: 8 nov. 2019.

WIKIPÉDIA. **Ciclo do oxigênio**. 2019. Disponível em: <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7b/Global\\_Oxygen\\_Cycle.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7b/Global_Oxygen_Cycle.jpg)>. Acesso em: 10 nov. 2019.

WIKIPEDIA. **Greenhouse effect**. 2019. Disponível em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse\\_effect#cite\\_note-ipccar5wg1annex3-1](https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_effect#cite_note-ipccar5wg1annex3-1)>. Acesso em: 8 nov. 2019.

WILLIAMS, d. M.; POLLARD, d. Earth-like worlds on eccentric orbits :excursions beyond the habitable zone. **International Journal of Astrobiology**, p. 1, 2002.

ZAIA, d. A. M.; ZAIA, c. T. B. V.; CARNEIRO, c. E. A. **Astrobiologia, uma ciência emergente**. [s.n.], 2016. 96 p. Disponível em: <<https://www.iag.usp.br/astrobiologia/sites/default/files/astrobiologia.pdf>>.

ZAIA, d. A. M.; ZAIA, c. T. B. V.; CARNEIRO, c. E. A. **Astrobiologia, uma ciência emergente**. [s.n.], 2016. 98 p. Disponível em: <<https://www.iag.usp.br/astrobiologia/sites/default/files/astrobiologia.pdf>>.

## APÊNDICE A – PLANO DE AULA - CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

### Roteiro básico para Plano de Aula

<p><b>I. Plano de Aula:</b> Data:</p>
<p><b>II. Dados de Identificação:</b>          Professor : Sérgio de Carvalho Tanaka          Disciplina: Física          Série: 9º ano</p>
<p><b>III. Tema:</b>          - Os ciclos biogeoquímicos          - conceito fundamental:          Atmosfera          Gases          Efeito estufa</p>
<p><b>IV. Objetivos:</b>  <b>Objetivo geral:</b> Usar a astrobiologia para introduzir conceitos importantes sobre os ciclos biogeoquímicos.  <b>Objetivos específicos:</b>  <b>ao nível de conhecimento</b> Definir os ciclos biogeoquímicos e descrever sua importância.  <b>ao nível de aplicação</b> Mostrar exemplos em que ocorrem os ciclos biogeoquímicos.</p>
<p><b>V. Conteúdo:</b>          - O ciclo da água          - O ciclo do oxigênio          - O ciclo do nitrogênio          - O ciclo do carbono</p>
<p><b>VI. Desenvolvimento do tema:</b> O tema será desenvolvido através de uma aula expositiva em que a astrobiologia será usada como recurso motivador para se introduzir os conteúdos da aula.</p>
<p><b>VII. Recursos didáticos:</b> quadro, pincéis, apagador, retro-projetor.</p>
<p><b>VIII. Avaliação:</b>          - <b>atividades:</b> Respostas às perguntas-problema ao final da aula.</p>
<p><b>XIX. Bibliografia:</b> Vivian L. Mendonça – Ensino médio, biologia 1o ano.</p>

## APÊNDICE B – PLANO DE AULA - GASES IDEAIS

### Roteiro básico para Plano de Aula

<b>I. Plano de Aula:</b> Data:
<b>II. Dados de Identificação:</b> Professor : Sérgio de Carvalho Tanaka Disciplina: Física Série: 2º ano
<b>III. Tema:</b> - Os gases perfeitos - conceito fundamental: Pressão Temperatura volume
<b>IV. Objetivos:</b> <b>Objetivo geral:</b> Usar a astrobiologia para introduzir conceitos importantes sobre os gases ideais <b>Objetivos específicos:</b> <b>ao nível de conhecimento</b> Definir o conceito de gases ideais e descrever sua importância. <b>ao nível de aplicação</b> – Mostrar exemplos em que o conceito de gases ideais pode ser usado.
<b>V. Conteúdo:</b> - Lei de Boyle - Lei de Charles - Lei de Gay-Lussac - Equação de Clapeyron
<b>VI. Desenvolvimento do tema:</b> O tema será desenvolvido através de uma aula expositiva em que a astrobiologia será usada como recurso motivador para se introduzir os conteúdos da aula.
<b>VII. Recursos didáticos:</b> quadro, pincéis, apagador, retro-projetor.
<b>VIII. Avaliação:</b> - <b>atividades:</b> Respostas às perguntas-problema ao final da aula.
<b>XIX. Bibliografia:</b> Tópicos de Física – Vol. 2 - NEWTON, HELOU, GAULTER

## APÊNDICE C – PLANO DE AULA - HIDROSTÁTICA

### Roteiro básico para Plano de Aula

<b>I. Plano de Aula:</b> Data:
<b>II. Dados de Identificação:</b> Professor : Sérgio de Carvalho Tanaka Disciplina: Física Série: 2º ano
<b>III. Tema:</b> - Hidrostática - conceito fundamental: Pressão Empuxo Força
<b>IV. Objetivos:</b> <b>Objetivo geral:</b> Usar a astrobiologia para introduzir conceitos importantes sobre a Hidrostática. <b>Objetivos específicos:</b> <b>ao nível de conhecimento</b> Definir o conceito de hidrostática e descrever seus teoremas fundamentais. <b>ao nível de aplicação</b> – Mostrar exemplos em que o conceito de hidrostática pode ser usado no dia a dia.
<b>V. Conteúdo:</b> - Teorema de Stevin - Teorema de Pascal - Teorema de Arquimedes
<b>VI. Desenvolvimento do tema:</b> O tema será desenvolvido através de uma aula expositiva em que a astrobiologia será usada como recurso motivador para se introduzir os conteúdos da aula.
<b>VII. Recursos didáticos:</b> quadro, pincéis, apagador, retro-projetor.
<b>VIII. Avaliação:</b> - <b>atividades:</b> Respostas às perguntas-problema ao final da aula.
<b>XIX. Bibliografia:</b> Tópicos de Física – Vol. 2 - NEWTON, HELOU, GAULTER