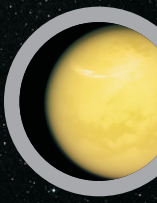
REVISTA DE DIVULGAÇÃO DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS DA NATUREZA

AstroNova

Ano 06 - Nº 24 - Dezembro/2019

Tour pelo Sistema Solar
Titã, a maior lua de Saturno



150 anos da TABELA PERIÓDICA

Medicina Espacial
Pele humana e a radiação UV

O Mecanismo de ANTIKYTHERA
UM COSMOS PORTÁTIL

O CONCEITO DE VIDA

O CICLO DO CARBONO NA ASTROBIOLOGIA

ATIVIDADES NA ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL

AGENDA DOS LANÇAMENTOS ESPACIAIS

Wilson Guerra
GCAA

EDITORIAL

Na última edição de 2019, nós, amantes das Ciências Espaciais, podemos estar presenciando uma nova fase astronáutica: muitas novas naves feitas por empresas e agências espaciais espalhadas pelo mundo devem decolar, mesmo em fase de teste, ainda em dezembro. Certamente 2020 será um ano com desfiles de carros cósmicos.

Mas ainda estamo em 2019 e, neste quase fim de década, a AstroNova traz uma matéria sobre um artefato arqueológico que levou quase um século para ser compreendido: o Mecanismo de Antikythera. A matéria feita por mim trata de alguns dos aspectos fascinantes das capacidades preditivas deste aparelho que, até a um tempo atrás, não concebíamos para os antigos. O artigo é uma pequena parte de meu projeto de Mestrado concluído este ano, e que propõe a construição de réplicas didáticas do aparelho.

Neste fim de ano o prof. Rafael Cândido nos lembra do aniversário dos 150 anos da Tabela Periódica, essa revolucionária visão sobre os elementos do químico Dmitri Mendeleiv.

Melissa Gregório nos traça os desafios médicos de se viver nas estações espaciais, especialmente do efeito das radiações fora da atmosfera sobre a pele humana.

Júlia Araújo traz ao leitor uma desafiadora discussão sobre o conceito de Vida na Ciência, algo longe de ser trivial, e Vitor finaliza nossa edição com uma discussão sobre o ciclo do carbono ampliado para as dimensões da Astrobiologia.

Mas no início, como sempre, trazemos o resumo de atividades da ISS neste fim de ano e uma agenda bem movimentada dos lançamentos de foguetes previstos nesse trimestre.

Uma ótima leitura e boas festas!

Wilson Guerra
GCAA

EXPEDIENTE

Editores:

Rafael Cândido Junior
eletrorafa@gmail.com

Wilson Guerra
wilsonguerra@gmail.com

Redatores:

Júlia Catarina Araújo
catarinajulia05@gmail.com

Melissa Gregório
mell.greg13@gmail.com

Vitor André Rodrigues
vitor-var@hotmail.com

Rafael Cândido Junior
eletrorafa@gmail.com

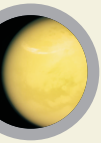
Wilson Guerra
wilsonguerra@gmail.com

Arte e Diagramação:
Wilson Guerra
wilsonguerra@gmail.com

Capa: aglomerado de Galáxias da Fornalha
Fonte: ESO

SUMÁRIO

Ano 6 | Edição nº 24 | 2019



Tour pelo Sistema Solar
Os anéis de Saturno 08

O Mecanismo de Antikythera 11

Medicina Espacial 19

150 anos da Tabela Periódica 23

- *A subjetividade do CONCEITO DE VIDA* 31
- *O ciclo no carbono num CONTEXTO ASTROBIOLÓGICO* 37

Principais Lançamentos do Trimestre

RÚSSIA

Foguete: Soyuz (RKK Energiya)
Carga: cargueiro Progress com equipamentos emantinmentos (ISS)
Local: Cosmódromo de Baikonur
Data: 06/12/2019

Foguete: Proton (RKK Energiya)
Carga: Elektro-L 3, satélite geoestacionário meteorológico
Local: Cosmódromo de Baikonur
Data: 24/12/2019

Foguete: Soyuz 2.1b (RKK Energiya)
Carga: Glonass M, satélite de sistema de posicionamento global
Local: Cosmódromo de Plesetsk
Data: 10/12/2019

Foguete: Rockot (RKK Energiya)
Carga: Gonets M, satélite de comunicação
Local: Cosmódromo de Plesetsk
Data: 25/12/2019

ESTADOS UNIDOS

Foguete: Atlas 5 (ULA)
Carga: cápsula Starliner (Boeing) teste não tripulado
Local: base do Cabo Canaveral
Data: 17/12/2019

Foguete: Falcon 9 (SpaceX)
Carga: conjunto de satélites Starlink2 comunicação e internet
Local: base do Cabo Canaveral
Data: dezembro/2019

Foguete: Atlas 5 (ULA)
Carga: Solar Orbiter - sonda para estudo do Sol (NASA/ESA)
Local: base do Cabo Canaveral
Data: 05 ou 06/02/2020

Foguete: Falcon9 (SpaceX)
Carga: cargueiro Dragon CRS 19 mantimentos para ISS
Local: base do Cabo Canaveral
Data: 05/12/2019

Foguete: Delta 4 (ULA)
Carga: GPS 3 Sv03, satélite de posicionamento global
Local: base do Cabo Canaveral
Data: janeiro/20250

Foguete: Antares (Northrop Grumman)
Carga: cargueiro Cygnus com mantimentos e equipamentos (ISS)
Local: base da ilha Wallops
Data: 07/02/2020

Principais Lançamentos do Trimestre

EUROPA

Foguete: Soyuz
Carga: CSG 1 - satélite radar, e CHEOPS - telescópio espacial
Local: Base de Kourou
Data: 17/12/2019

Foguete: Vega 5 (ArianeSpace)
Carga: Eutelsat Konnect & GSAT 30, satélites de comunicação
Local: Base de Kourou
Data: 15/01/2020

Foguete: PSLV
Carga: RISAT 2BR1, satélite polar de observação da Terra
Local: base de Sriharikota
Data: dezembro/2019

Foguete: PSLV
Carga: RISAT 2BR2, satélite polar de observação da Terra
Local: base de Sriharikota
Data: dezembro/2019

Foguete: SSLV
Vôo de demonstração: foguete para pequenas cargas
Local: base de Sriharikota
Data: janeiro/2020

Foguete: SSLV
Carga: BlackSky Global, satélite comercial de observação da Terra
Local: base de Sriharikota
Data: 1º trimestre/2020

CHINA

Foguete: Longa Marcha 5 (CNSA)
Carga: Shijian 20, constelação de satélites de comunicação
Local: Base Wenchang
Data: dezembro/2019

Foguete: Longa Marcha 4B (CNSA)
Carga: CBERS 4A, satélite brasileiro de sensoriamento remoto
Local: Base de Taiyuan
Data: 16 ou 17/dezembro/2019

Foguete: Longa Marcha 3B (CNSA)
Carga: Beidou - satélite para sistema de navegação
Local: Base Wenchang
Data: dezembro/2019

Foguete: Longa Marcha 5 (CNSA)
Carga: Chang'e 5, sonda lunar que enviará rochas da Lua para a Terra
Local: Base Wenchang
Data: 1º trimestre/2020

ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL

Principais atividades - setembro a novembro/2019

Tripulação atual

Próxima Expedição - Soyuz MS-16 (09/04/2020)

Os astronautas Christina Koch e Andrew Morgan guardam amostras de pesquisas biológicas em um freezer científico localizado dentro do módulo de laboratório Destiny, da NASA.

Astronautas Christina Koch e Jessica Meir realizam manutenção e atualização de equipamentos na parte externa da Estação.

Astronatua Luca Parmitano (ESA) realizando manutenção de rotina.

Astronauta Jessica Meir trabalha no experimento Veg-04B, que pesquisa a produção de alimentos frescos no espaço.

Pela Produção e Difusão Científica

Grupo de Astronomia

PERSEUS

Ceará - Brasil

PERSEUS

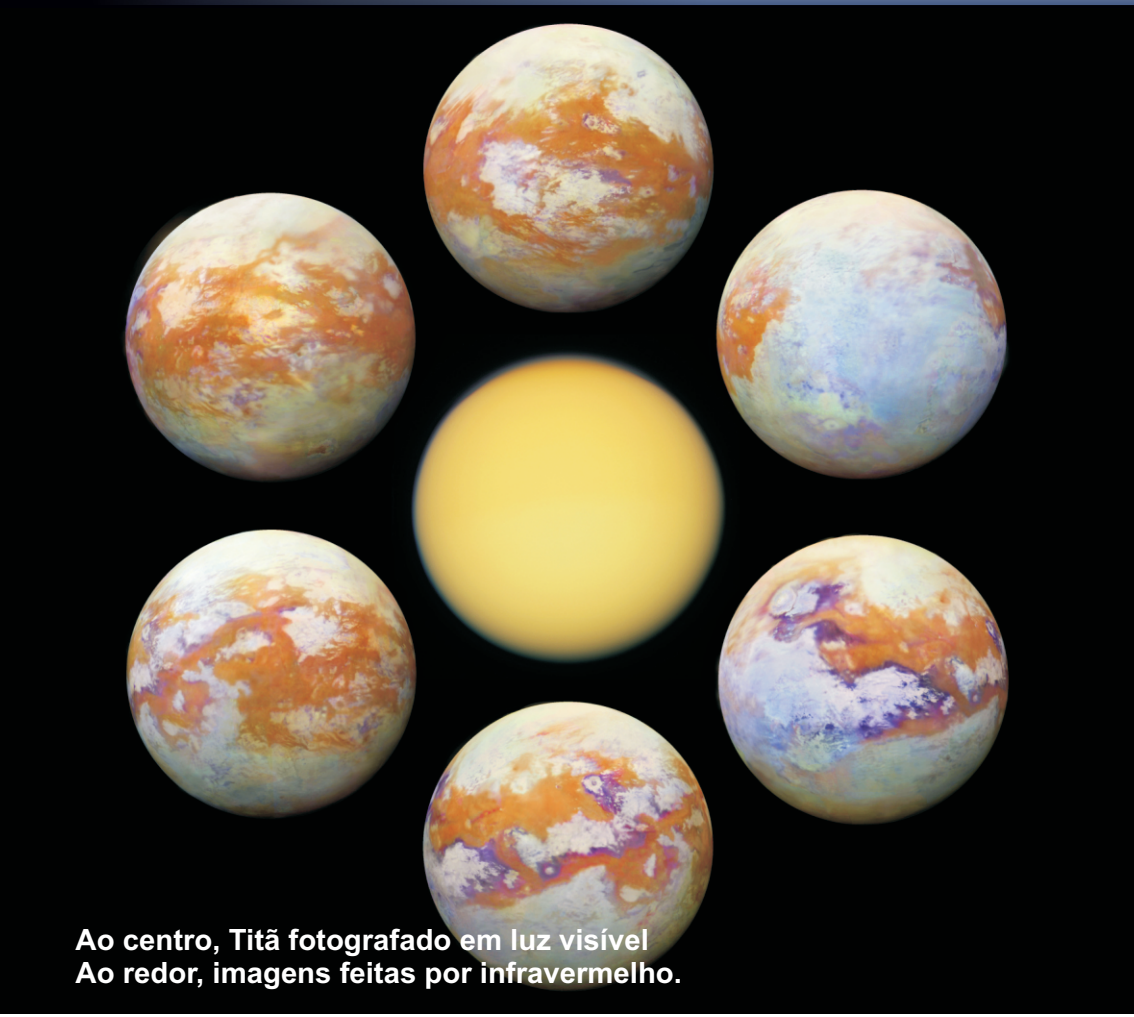
Um *Tour* pelo Sistema Solar

TITÃ
A maior lua de Saturno

A maior lua de Saturno, Titã, é um mundo extraordinário e excepcional. Entre as mais de 150 luas conhecidas do nosso sistema solar, Titã é o único com uma atmosfera substancial. E de todos os lugares do sistema solar, Titã é o único, além da Terra, conhecido por ter líquidos na forma de rios, lagos e mares na superfície.

Titã é maior que o planeta Mercúrio e é a segunda maior lua do nosso sistema solar. A lua de Júpiter, Ganimedes, é apenas um pouco maior (cerca de 2%). A atmosfera de Titã é composta principalmente de nitrogênio, como o da Terra, mas com uma pressão superficial 50% maior que em nosso planeta. Titã tem nuvens, chuva, rios, lagos e mares - mas não de água, e sim de hidrocarbonetos líquidos, como o metano e a etano. Os maiores mares têm centenas de metros de profundidade e centenas de quilômetros de largura.

Há água em Titã, mas sob a forma de gelo, um gelo rígido como rocha, devido às baixíssimas temperaturas. Abaixo da crosta espessa de



Ao centro, Titã fotografado em luz visível
Ao redor, imagens feitas por infravermelho.

gelo de água de Titã, há mais líquido - um oceano composto principalmente de água. A água subterrânea de Titã pode ser um lugar para abrigar a Vida como a conhecemos, enquanto seus lagos e mares de hidrocarbonetos líquidos podem abrigar alguma forma de Vida exótica, que usa uma química diferente da que estamos acostumados - ou seja, Vida que não conhecemos! Mas... Titã também pode ser um mundo sem vida. As futuras pesquisas responderão estas intrigantes indagações.

Fonte: NASA
Tradução: AstroNova

https://solarsystem.nasa.gov/moons/saturn-moons/titan/overview/

Grupo Centauro de Astronomia Amadora

Dois Vizinhos - Maringá (PR)

14 Anos

Divulgando a Beleza do Universo revelada pela Ciência

www.grupocentauro.org

O MECANISMO DE ANTIKYTHERA

UM CÓSMOS PORTÁTIL EM ENGRENAGENS DE BRONZE

Wilson Guerra
wilsonguerra@gmail.com

O Mecanismo de Antikythera (ou Anticítera, em português) é um de inúmeros artefatos arqueológicos encontrados no começo do século XX em uma embarcação romana naufragada próximo à ilha grega que deu o nome à máquina. Estudos das inscrições presentes no aparelho apontam que sua construção deve ter ocorrido por volta de 205 AEC. O objetivo e funcionamento do mecanismo só começaram a ser entendidos a partir da metade do século XX, quando imagens de dentro dos fragmentos começaram a ser realizadas por meio de radiografias. As imagens mostraram engrenagens internas de bronze, revelando uma sofisticação técnica surpreendente para a época em que a máquina foi construída. Atualmente se sabe que o Mecanismo de Antikythera era uma máquina de concepção geocêntrica composta por um complexo sistema de engrenagens capaz de prever posições celestes, fases da lua, eclipses e calcular calendários. Suas medidas eram similares as de uma caixa de sapatos, o que lhe garantia mobilidade e facilidade de transporte não muito diferente de um "laptop". Sua face frontal apresentava um painel com ponteiros que indicavam posição do Sol e da Lua em relação às constelações. Há indícios de que os cinco planetas conhecidos na época (Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno) também tinham seus ponteiros correspondentes. A precisão do aparelho incluía os movimentos retrógrados deste planetas (epiciclos) e as irregularidades da órbita lunar. A face posterior contemplava dois calendários dispostos em inscrições em espiral e seus respectivos ponteiros indicadores: um correspondia a um calendário anual e outro a

Os 82 fragmentos do Mecanismo, que se encontram no Museu Nacional de Atenas.

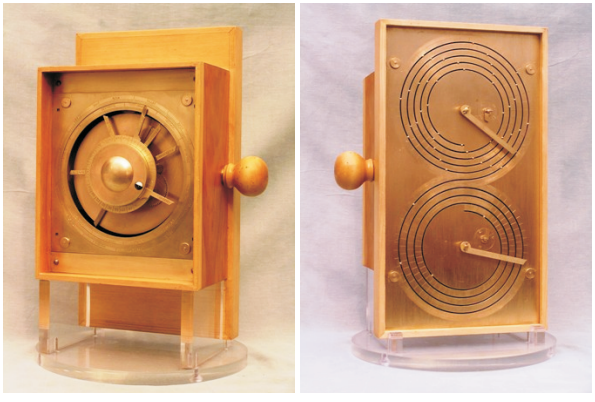
um calendário de eclipses. A autoria do Mecanismo poder ser de Arquimedes, mas isto ainda não é consenso entre os pesquisadores. Os fragmentos originais, juntamente com propostas de réplicas modernas da máquina, estão no Museu Arqueológico Nacional de Atenas.

A DESCOBERTA

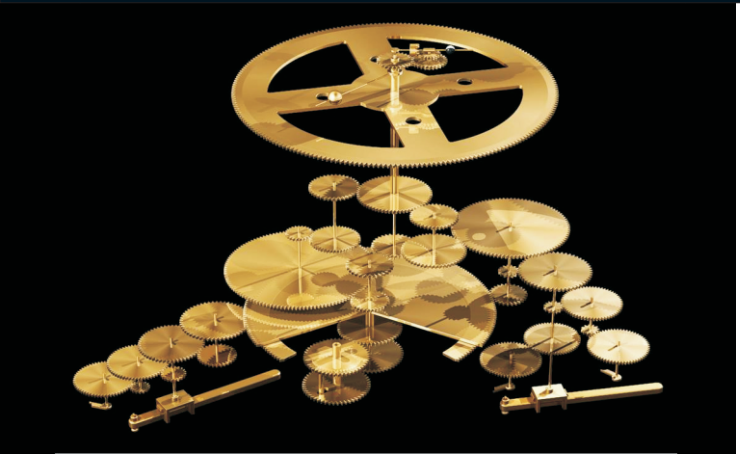
Em 1901, quando mergulhadores gregos encontraram uma embarcação naufragada, não se tinha idéia dos tesouros que ali se encontravam: estátuas de mármore e bronze, jóias, moedas, ornamentos. Estima-se que a embarcação (que podia ser um navio comercial ou até piratas), afundou entre 60-50 AEC. Mas o que chamou a atenção era uma peça petrificada que expunha claramente uma grande engrenagem. Chegou-se a pensar que se tratava de um relógio mecânico moderno que, por acaso, caiu no mesmo local de alguma embarcação de nossos tempos. Mas quando identificaram a inscrição de uma expressão em grego escrito “raio de Sol”, percebeu-se que se tratava de um dispositivo da antiguidade. As primeiras especulações era que fosse um instrumento astronômico ou náutico usado pelos antigos. Mas as suspeitas de que se tratava de algo muito mais complexo não demoraram a aparecer.

AS ENGRENAGENS

As surpresas surgiram na década de 1950 quando radiografias feitas pelo pesquisador Karakalos mostraram inúmeras engrenagens de bronze nos fragmentos do Mecanismo. Derek Price lançou um estudo detalhado que revolucionou nossa compreensão sobre esta



Réplica do Mecanismo de Antikythera, construída por Michael Wright: painel frontal (à esquerda) e painel posterior.



Haviam cerca de 30 engrenagens de bronze no Mecanismo encontrado no mar, mas conjectura-se mais de 60 originalmente.

impressionante máquina, em 1974. Eram ao menos 31 engrenagens de bronze que indicavam a posição do Sol e da Lua em relação às consteções, na parte frontal do aparelho. Na parte de trás haviam dois mostradores em forma de espiral: o superior era um calendário e o inferior, um previsor de eclipses!

O CICLO 19x254

O painel frontal do Mecanismo tinha dois círculos concêntricos totalizando cerca de 16cm de diâmetro. O círculo mais externo tinha a contagem dos 365 dias do ano, já usados no calendário egípcio. O círculo interno continha as dose constelações zodiacais,

O maior fragmento do Mecanismo, chamado de fragmento A (direta), e sua radiografia revelando um complexo sistema de engrenagens (esquerda).

aquelas que são ocupadas pelo Sol durante seu movimento anual aparente. Atualmente o Sol percorre 13 constelações devido a um fenômeno que muda a posição do eixo de rotação da Terra (mas não o ângulo), denominado precessão dos equinócios. Mas na antiguidade as constelações zodiacais eram apenas 12.

Na reveladora pesquisa de Derek Solla Price, publicado na década de 1970, o pesquisador propôs que havia um ponteiro que indicava a data e, ao mesmo tempo, mostrava a posição do Sol nas constelações. Outro ponteiro menor indicava a posição da Lua.

Havia uma manivela na lateral da máquina conectada a uma engrenagem em forma de coroa com cerca de 48 dentes. Esta por sua vez transmitia o movimento para a grande engrenagem claramente visível no fragmento maior do Mecanismo. Chamada de B1, esta engrenagem devia ter 226 dentes. Rigidamente conectada a ela estava B2, com 64 dentes, e a partir dela o trem de engrenagens principal fazia girar todo o sistema. A relação de transmissão (taxas de rotação) desse trem de engrenagens era composto

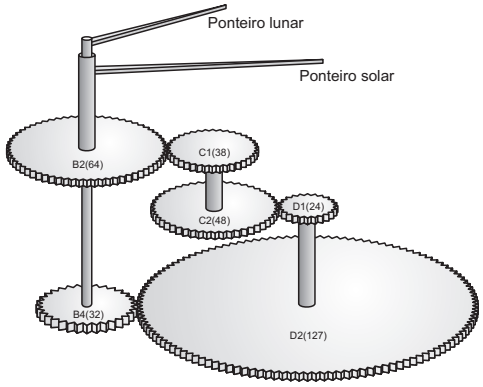


Fig. 1 Trem de engrenagens principal, que reproduz 254 ciclos lunares siderais a cada 19 anos. O ponteiro solar é ligado a engrenagem B2 e o ponteiro lunar à engrenagem B4. O eixo do ponteiro lunar passa por dentro do eixo do ponteiro solar, que é constituído por um tubo.

de tal forma que a cada 19 voltas em B1 produzia 254 voltas no ponteiro lunar. Isto representa exatamente o 19 anos (ciclos siderais solares) por 254 ciclos siderais da Lua, ou mês sideral (figura 1). Desta forma a máquina reproduzia com precisão o ciclo do Sol e da Lua no fundo de constelações!

Porteriormente a Price, Michael Wright, engenheiro mecânico e curador de museus de ciência do Reino Unido, descobriu em 2005 mais uma engrenagem de 32 dentes entre D2 e B4, que tinha a função de fazer com que o ponteiro lunar girasse no mesmo sentido do ponteiro solar.

AS DESCOBERTAS MAIS RECENTES

A partir de 2000, com a técnica da tomografia computadorizada, foram encontrados detalhes nas engrenagens no Mecanismo. Com a técnica de mapeamento de texturas as descobertas mais recentes incluíram inscrições na superfície do fragmento que permitiram entender mais sobre o mecanismo. Ao todo são mais de 3.500 glifos encontrados.

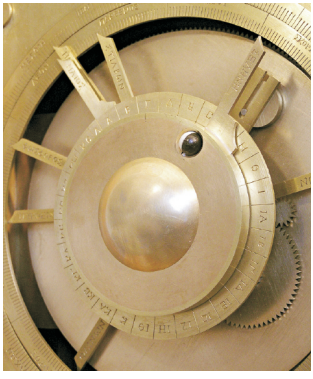
Para o pesquisador e matemático Tony Freeth, membro de um grupo de pesquisas internacional do Mecanismo (AMRP - Antikythera Mechanism Research Project), o aparelho já estaria completamente compreendido. Mas nem todos os pesquisadores tem a mesma opinião.

Fases da Lua

Michael Wright descobriu nos anos 2000 que o Mecanismo de Antikythera tinha um recurso para indicar as fases da Lua: uma esfera giratória metade branca e metade preta que mostrava a fase lunar na data apontada pelo ponteiro do Sol. Wright chegou a reconstruir uma réplica do Mecanismo, em bronze, incluindo o dispostivo e engrenagens da fase lunar.

Anomalia lunar

Devido a órbita lunar não ser perfeitamente circular, mas se aproxima muito de uma elipse, seu movimento pelo céu em relação às estrelas fixas (constelações) não se dá de maneira regular. Ora o movimento da Lua se acelera, ora desacelera, até completar um ciclo e repetir o movimento. Esta



Uma esfera girante com os dois hemisférios de cores diferentes indicam a fase da Lua. Réplica construída por Michael Wrght.

irregularidade no movimendo da Lua é chamada de ***anomalia lunar***, e é conhecida desde a antiguidade.

Tony Freeth percebeu que havia um conjunto de engrenagens no Mecanismo original que eram idênticas em número de dentes, estavam tocadas uma na outra mas com uma pequena descentralização. Uma delas possuía um pino e a outra, uma fenda, de modo que se encaixavam. Assim, a rotação da engrenagem com o pino era transmitida de maneira diferencial para e engrenagem com a fenda: o pino na parte mais externa transmitia um movimento desacelerado, e o pino na posição oposta, ficava na parte mais interna, transmitindo uma rotação mais acelerada (figura 2). O conjunto era construído de tal forma que esse sistema simulava exatamente a anomalia lunar! Este conjunto recebeu o nome de engrenagens epicíclicas, e se mostrou tão promissor que os pesquisadores cogitaram que os ponteiros do painel frontal que representavam o movimento dos planetas poderiam usar uma técnica semelhante (figura 3). As engrenagens para os planetas foram perdidas, mas sabemos que existiram porque as inscrições recuperadas indicam isto, descrevendo inclusive os epiciclos (momentos que o movimento de determinado planeta no céu se "inverte", visto da perspectiva da Terra). Outra evidência de que haviam engrenagens epicíclicas para os planetas são hastes e orifícios de encaixe nos braços da grande engrenagem B1.

OS CALENDÁRIOS

Na parte posterior do Mecanismo de Antikytera haviam dois calendários elegantemente dispostos em espiral, com relógios auxiliares na parte interna do layout destes painéis.

Calendário Metônico

É um calendário lunissolar, ou seja, que leva em consideração tanto o movimento do Sol como da Lua. O calendário judaico é

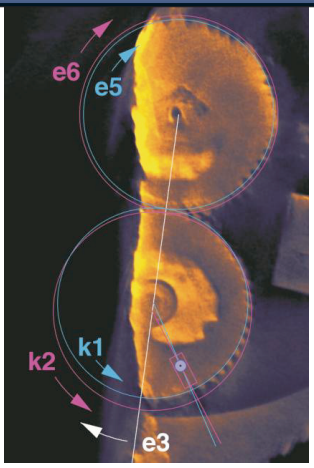


Fig. 2 Sistema *pin and slot* (pino e fenda) revelado por imagens usando técnica PTM (FREETH, 2013).

um tipo de calendário lunissoar. Ele distribuía 235 meses sinódicos (período da fase lunar) dispostos ao longo de 19 anos em uma espiral de 5 voltas.

Em seu interior haviam dois relógios auxiliares. O Calíptico indicava quando se deveria descontar algum dia da leitura do calendário, o

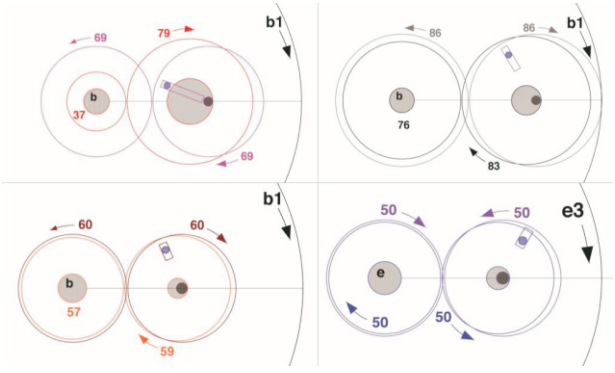


Fig. 3 Acima: Marte e Júpiter. Abaixo: Saturno e Lua. Os números representam a quantidade de dentes das engrenagens (FREETH, 2013).

Os calendário Metônico (acima) e Saros (abaixo).

que lhe dava uma precisão de séculos. E o Olímpico, que indicava os locais dos jogos Pan-Helênicos, de grande importância cultural para os gregos.

Calendário Saros

O Saros era um previsor de eclipses. Distribuía 223 meses sinódicos (ciclo de fases da Lua) em 18 anos, período de repetição de ocorrência de eclipses. Era dispostos em uma espiral de 4 voltas. Nele haviam inscrições que indicavam se o eclipse apontado era solar ou lunar. No caso dos eclipses lunares, indicava se ocorreria de dia ou de noite, e se era parcial ou total. Também apontava uma estimativa do horário de ocorrência do eclipse.

No interior do layout do Saros havia um relógio auxiliar chamado Exeligmos. Ele indicava se era necessário ou não acrescentar 8h ou 16h na leitura do horário apontado no ponteiro do Saros.

O MECANISMO COMPLETO

A figura 4 traz a aparência final do Mecanismo: na frente o planetário, com ponteiros indicando Sol, Lua, e os 5 planetas conhecidos na antiguidade (Mercúcio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno). Atrás os calendários Metônico e Saros, com seus respectivos relógios auxiliares. O movimento era iniciado pela manivela lateral “A”.

AUTORIA DO MECANISMO DE ANTIKYTERA

Escritos de historiadores antigos relatam que Arquimedes estaria trabalhando na construção de uma “magnífica máquina do Cosmos”. Inscrições e datas dos eclipses recuperados indicam que o Mecanismo foi construído por volta de 205 AEC, data compatível com a vida de Arquimedes. O sábio é assim o principal candidato a projetista da máquina. Há possibilidade de que discípulos de uma escola inciada por Arquimedes possam ser os construtores da máquina. Alguns autores apontam a chance de que a construção do Mecanismo deve ser atribuída a Apolônio de Perga ou a Hiparco de Nicéia.

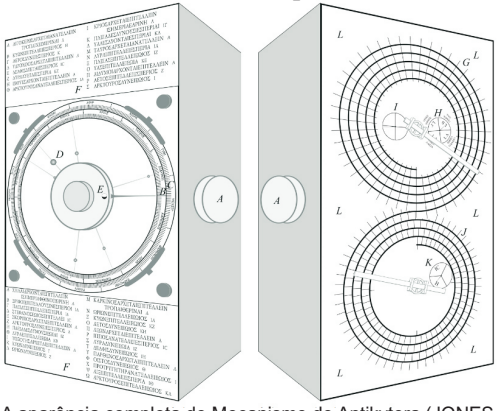


Fig. 4 A aparência completa do Mecanismo de Antikytera (JONES, 2018)

Fig 5 Réplicas didáticas simplificadas do Mecanismo de Antikythera, em 3 diferentes níveis de complexidade: Sol e Lua com painel alternativo (A), Sol e Lua com painel e engrenagens que seguem o *layout* do mecanismo original (B) e com engrenagens de Mercúrio (C).

ASPECTOS EDUCACIONAIS

A encantadora sofisticação do Mecanismo de Antikythera o torna um recurso de potencial educacional, e um meio de engajar estudantes e o público geral para as Ciências e a Tecnologia (tabela 1). Tudo isso o tornou objeto de estudo que culminou em um projeto no âmbito de Mestrado do autor deste texto, resultando na construção de réplicas didáticas simplificadas do Mecanismo. Devido ao alto grau de complexidade da máquina original, as réplicas propostas reproduzem apenas o painel frontal, com ponteiros do Sol, Lua (e um modelo com Mercúrio), sem o conjunto *pin and slot*. As engrenagens foram feitas em MDF no sistema de corte a *laser*. O invólucro, em acrílico. A dissertação pode ser obtida em **www.pcm.uem.br** ou na página **Recurso de Física**. Nesta página também estão disponíveis os arquivos para confecção das engrenagens. Ou neste **link alternativo**.

Mecanismo	Conceito abordado	Área do conhecimento
Engrenagens	Relações de rotação/torque	Física/Engenharia
Círculos do painel frontal	Constelações	Astronomia
Indicador da Lua	Fase da Lua	Astronomia
Indicadores dos Planetas	Epiciclos	Astronomia
Painel posterior	Eclipses	Astronomia
Movimento dos Planetas	Corpos celestes errantes	Astronomia
Ausência da Terra no painel	Geocentrismo/Heliocentrismo	Astronomia/História
Sol / Lua	Ciclos de tempo	Astronomia/Geografia
Constelações zodiacais	Astronomia *versus* astrologia	Filosofia da Ciência

Tabela 1 Alguns aspectos da máquina e os conceitos subjacentes a eles.

Wilson Guerra é professor e astrônomo amador. Graduou-se em Física (UEM), tem especialização em Astrobiologia (UEL) e é mestre em Educação Científica (UEM)

Referências:

BANDEIRA, B;*Mecanismo de Anticítera: desvendando seus enigmas*, 2014

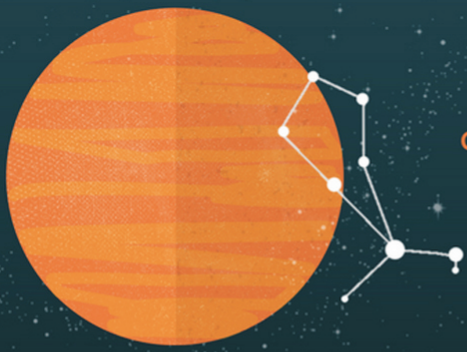
FREETH, T., *Building the Cosmos in the Antikythera Mechanism*, 2013

GUERRA, W.; *O Mecanismo de Antikythera: possibilidades para o Ensino e a Divulgação da Astronomia* (dissertação), 2019

JONES, A.,*Like Opening a Pyramid and Finding an Atomic Bomb*, 2018

WRIGHT, M.T., *The Antikythera Mechanism and The Early History of the Moon-phase Display*, 2006

AMRP - Antikythera Mechanism Research Project www.antikythera-mechanism.gr



CLUBE DE ASTRONOMIA

Arcturus

Arcturus é uma estrela alaranjada a cerca de 37 anos-luz de distância de nós, localizada na constelação do Boieiro. O Clube de Astronomia Arcturus, fundado em 2015, está com uma nova identidade visual.

Somos estudantes e professores da UFABC unidos por uma vontade em comum: divulgar Astronomia. Hoje somos focados na divulgação dessa ciência, e damos espaço a não-membros que queiram contribuir com conteúdo digital para a nossa página no facebook e site. Tem interesse em escrever sobre Astronomia? Fale conosco!

facebook.com/clubearcturus

clubearcturus.wordpress.com

clubearcturus42@gmail.com

MEDICINA ESPACIAL

Pele humana e a radiação UV

MELISSA GREGORIO
mell.greg13@gmail.com

Quando se pensa em Medicina Espacial, pensa-se principalmente sobre os danos que a microgravidade causa na estrutura corpórea. Neste artigo vamos avaliar especificamente o que pode ocorrer com a pele humana quando submetida à radiação ultravioleta presente no espaço e quais as consequências.

Ao longo desta última década, o assunto sobre a possível colonização de outros planetas voltou a ser tema de notícias e debates. Porém, apesar do grande avanço em termos tecnológicos, ainda existem muitas questões sem uma resposta definitiva. Dentre estas questões, a forma como o corpo humano, que evoluiu em meio terrestre, responderia a um novo cenário: o meio espacial, seja numa estação espacial em órbita da Terra, na Lua ou em Marte.

A pele é o maior órgão do corpo humano, correspondendo a 15% da massa corporal. Seguem as funções realizadas pela pele.

- Proteção: atuando como barreira para patógenos e danos entre o organismo e o ambiente. As células de Langerhans na pele são parte do sistema imunológico adaptativo. Nosso suor contém lisozima, que atua como antibiótico quebrando as ligações das paredes celulares das bactérias.

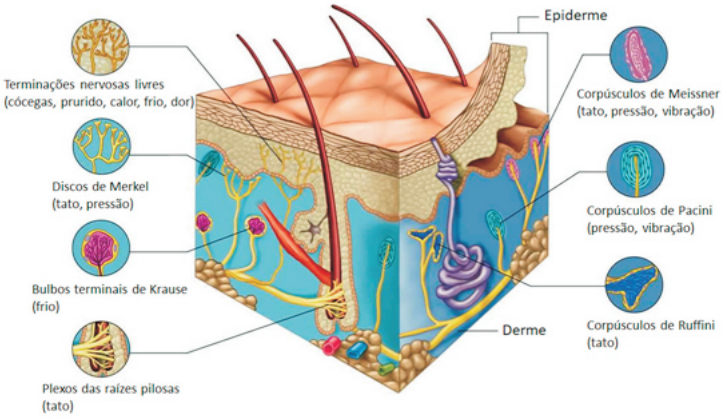
- Percepção: contém uma extensa rede de sensores para o calor, o frio, vibração,

pressão de toque e dano do tecido. A pele é parte do sistema somatosensorial.

- Termorregulação: através de variação hemodinâmica, ou seja, variando o fluxo de circulação sanguínea no tecido da pele, controla-se a perda de energia térmica por condução, convecção e radiação. Vasos sanguíneos dilatados aumentam a perda de calor enquanto que vasos contraídos reduzem o fluxo de sangue cutâneo e, consequentemente, conserva-se o calor.

- Controle da evaporação: A pele é relativamente seca e impermeável à perda de fluidos. Isso explica a desidratação que ocorre quando alguém sofre queimaduras muito graves.

- Armazenamento e síntese: atua como centro de armazenamento de lipídeos e água e sintetiza vitamina D pela ação dos raios UV.



Camadas da pele humana e receptores de superfície.
Fonte: https://afh.bio.br/sistemas/tegumentar/1.php

- Excreção: Suor contém ureia, porém em uma concentração muito mais baixa que a da urina. Além disso, a sudorese atua como uma função secundária da termorregulação.

- Absorção: a pele atua como membrana à passagem de substâncias, inclusive oxigênio. Isso explica por qual razão certos medicamentos são aplicados na forma de adesivos à pele.

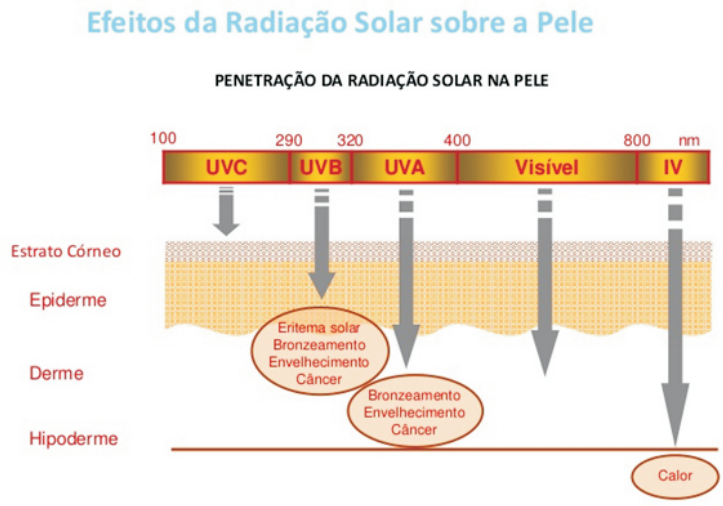
- Barreira à água: a pele atua como uma barreira resistente à água, evitando a perda de nutrientes para o ambiente.

É importante lembrar que a pele humana também é um ambiente rico em vida microbiana, e você não precisa estar sem banho para que isso ocorra. Nossa

Astronauta Jack Lousma realizando a higienização da pele, equivalente ao banho na Terra. Skylab 3, 1973 (NASA).

Astronauta Luca Parmitano (ESA) mostrando como lavar a cabeça no espaço. Fonte: https://youtu.be/DoKJPwkNKw8

pele é a casa de cerca de 1000 espécies, os filos mais encontrados nas regiões sebáceas são: Actinobacteria, Firmicutes, Proteobacteria, Bacteroidetes, Propionibacteria e Staphylococci. Algumas bactérias habitam toda a pele, porém são mais encontradas em algumas regiões. Um exemplo é a bactéria Staphylococcus aureus, que é encontrada em todo o corpo, predominando nas narinas.



Alcance dos diferentes tipos de UV na pele humana quando comparados com a luz visível e o infravermelho e seus efeitos.
Fonte: https://pt.slideshare.net/larissapaulo98/fotoproteo-53692621

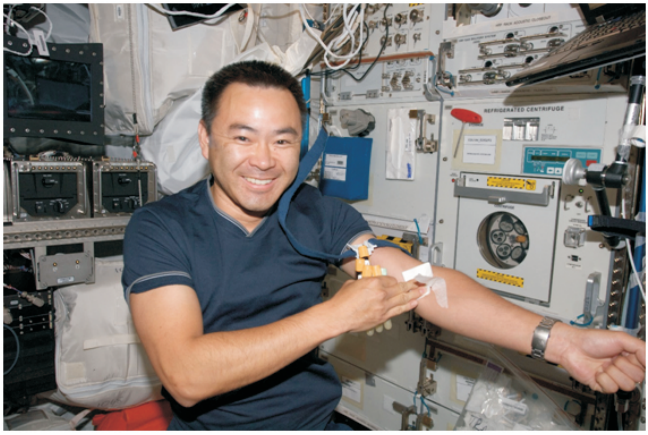
O problema da radiação UV

No espaço, por melhor que seja a blindagem da nave ou do traje, sempre há a passagem de algum tipo de radiação para o organismo, desde elétrons acelerados a radiação ultravioleta. Na Terra, o campo magnético desvia os elétrons acelerados e 90% da radiação ultravioleta atravessa as nuvens e gera espécies reativas de oxigênio, como o ozônio estratosférico.

A radiação UVA (320 a 400 nm) provoca o bronzeamento imediato e tardio e contribui pouco para a queimadura e o eritema, a vermelhidão na pele que acontece devido à vasodilatação dos capilares cutâneos. Por ter comprimentos de onda mais longos, a UVA penetra mais profundamente na pele atingindo a derme e a gordura subcutânea. A exposição crônica a esta radiação provoca degeneração do tecido cutâneo, que é observado em casos de fotoenvelhecimento e fotocarcinogênese; e provoca também a imunossupressão.

A UVB (290 a 320 nm) produz os efeitos mais nocivos pois distribui muito mais energia por área da pele. É a principal

Os astronautas da Estação Espacial Internacional também são submetidos a exames no espaço e a treinamentos para emergências.



Astronauta Akihiko Hoshide (JAXA) realizando coleta de sangue na Estação Espacial Internacional.

responsável por queimaduras solares, inflamação da pele, eritema tardio, ou seja, vermelhidão algum tempo após a exposição, e alterações na pigmentação da pele. É este tipo de ultravioleta que causa as lesões na pele e nos olhos de pessoas que vivem em regiões polares ou de altitude, pois é totalmente refletida pela neve. Os efeitos da exposição crônica são os mesmos do UVA, porém mais intensos.

A radiação UVC (110 a 290 nm) não chega à superfície da Terra por conta da absorção deste tipo de UV pela camada de ozônio. Entretanto estamos expostos a fontes artificias desta radiação. As lâmpadas de vapor de mercúrio utilizadas em iluminação noturna emitem UVC com baixa intensidade. Esta radiação limita-se a superfície da pele podendo causar algum efeito carcinogênico e afetando a biota cutânea, o que pode levar ao surgimento de desequilíbrio que possa causar infecções, patogenias e provocar problemas num simples corte de pele.

Um outro fator muito importante a ser considerado é que todos estes tipos de radiação UV também danificam materiais. No caso de uso de materiais plásticos, a radiação pode provocar degradação do material e geração de resíduos tóxicos que podem ser inalados, ingeridos ou absorvidos pela pele.

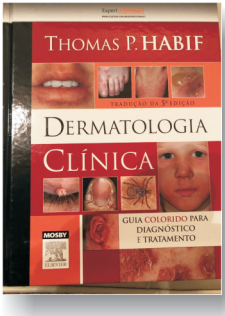
Os futuros habitantes de Marte precisarão de soluções que tornem viáveis sua sobrevivência em ambientes hostis como Lua, Marte, Europa ou Encélado. E estas respostas só encontraremos com muita pesquisa científica.

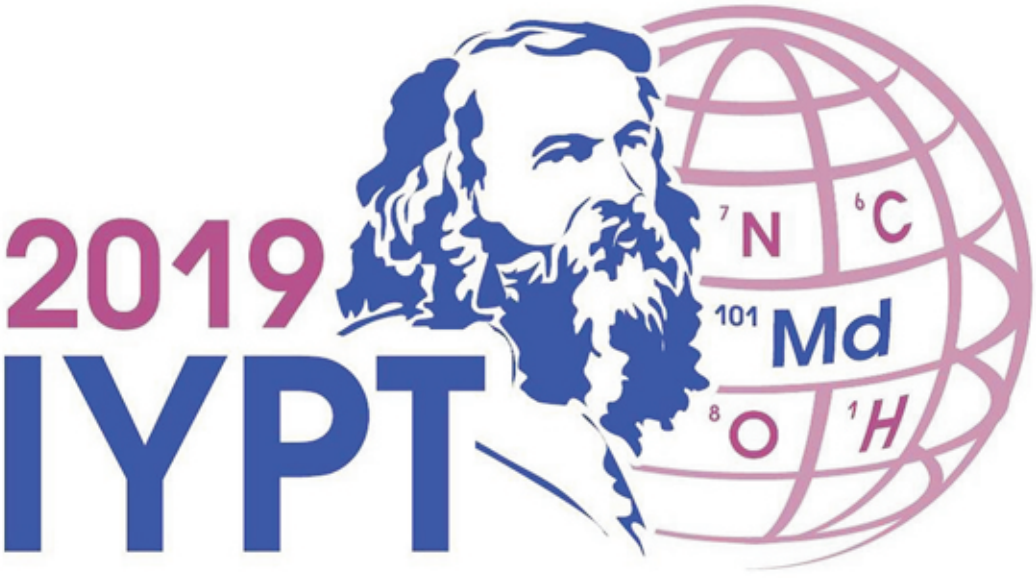
Melissa Gregorio é graduanda em Medicina pela Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS - Campus Passo Fundo) e Presidente da Liga Acadêmica de Dermatologia da UFFS/ABLAM..

Bibliografia

EmicoOkuno, Maria A. C. Vilela. Radiação ultravioleta: características e efeitos. Livraria da Física. 2005.

Thomas P. Habif. Dermatologia clínica. MosbyElsevier.





Os 150 anos da Tabela Periódica

Rafael Cândido Jr.
eletrorafa@gmail.com

O ano de 2019 foi declarado pela Unesco o Ano Internacional da Tabela Periódica devido aos 150 anos de sua primeira publicação. Entretanto, as tentativas de organização dos elementos são tão antigas quanto a humanidade. Neste artigo, vamos conhecer um pouco sobre esta história.

Metais, sais, essências e magia

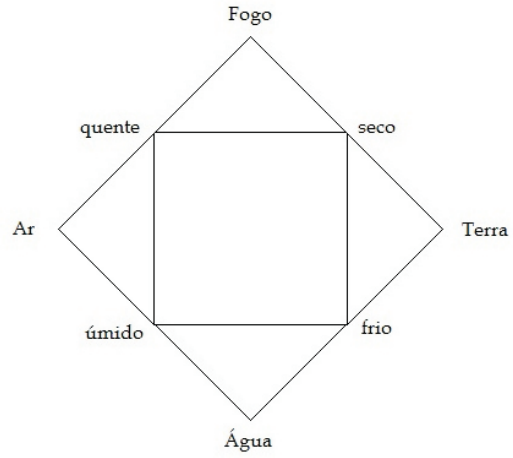
O conhecimento prático do que chamamos atualmente de Química é conhecido desde as primeiras civilizações. A manipulação de metais para a construção de armas, cerâmica para a construção de recipientes e até mesmo o uso de rocha calcária para se fazer um cimento primitivo foi essencial nas civilizações da Mesopotâmia, China a Egito.

Mas é no Egito, que esse conhecimento começa a ter maior importância. O povo egípcio acreditava que após o sepultamento a alma voltaria para reencontrar o corpo, logo o corpo não poderia apodrecer. Assim, foram encontradas substâncias que faziam com que o corpo não se degradasse.

Apenas alguns sacerdotes conheciam o segredo dessas substâncias, que envolvia o uso de sais, mais especificamente o natrão (carbonato de sódio) e essências. Os corpos tinham suas vísceras removidas e eram imersos em banhos desse sal por vários dias e posteriormente envoltos em faixas de linho embebidas em essências.

Esse conhecimento prático tinha o nome de khemeia, que envolvia também os conhecimentos para os trabalhos em ouro, prata, ferro e um material que chegou a ser um dos mais caros na época: vidro.

Mas a khemeia não era apenas um conjunto de conhecimentos de materiais e substâncias, ela estava permeada de misticismo e de superstições. E isto não acontecia apenas entre os egípcios, o conhecimento equivalente na Mesopotâmia também estava relacionado ao misticismo e, principalmente, ao que era observado no céu. Foi ali que surgiu a correlação entre o ouro e o Sol.



Os 4 elementos de Empédocles e as suas combinações.

Os elementos

O conceito de elemento é muito antigo. Diferentes culturas consideravam que toda a complexidade vista no mundo era resultado das combinações entre coisas fundamentais. E que coisas eram estas?

Os sumérios consideravam que tudo o que existia era formado pelo mar, terra, vento e céu. Os chineses tinham 5 elementos fundamentais, denominados wu xing: fogo, terra, metal, água e madeira; e consideravam que estes elementos não apenas formavam as substâncias como também estariam ligados à vitalidade da pessoa, um desequilíbrio nestes elementos seria a causa de doenças. Um pensamento semelhante era encontrado entre os hindus. Seus cinco elementos eram terra, água, fogo, vento e o vazio, também denominado imaterial. Sobre este último, alguns historiadores citam que foi essa a ideia que fez surgir o número zero na matemática da civilização hindu.

Entre os gregos, foi o filósofo Empédocles que chegou na definição dos 4 elementos: ar, terra, água e fogo. A partir das combinações destes elementos eram obtidas diferentes condições: quente, seco, úmido e frio. Heráclito propôs que houvesse um elemento denominado ápeiron, que era o infinito, o ilimitado, porém esta ideia foi rejeitada por Empédocles. Os filósofos Platão, Filolau e Aristóteles postularam que o quinto elemento seria a matéria com a qual eram feitos o céu e todas as coisas vistas nele: estrelas, planetas, Sol e Lua; sendo inexistente na Terra.

Foi essa linha de pensamento que persistiu na Europa por quase 2000 anos, sendo absorvida pelo Cristianismo, cujos filósofos deram o nome de quintessência ao elemento proposto por Platão e citavam que o conceito de vazio dos hindus era um absurdo, a ponto de chama-lo de horror vacui, horror ao vazio em latim. Estas ideias persistiram até o Renascimento, muito por força da Igreja Católica.

Fogo grego. Gravura do CodexSkylitzes, Biblioteca Nacional de Madrid. Acima do barco à esquerda está escrito em grego: A marinha romana incinera os barcos dos inimigos.

Retrato de Jabir ibn Hayyam feito na Europa no século 14, onde seu nome foi "latinizado" para Geber. Biblioteca Médica Laurenziana, Florença, Itália.

Fogo grego e espírito árabe

Após a queda do Império Romano do Ocidente, os conhecimentos relacionados com a khemeia se mantiveram no Império Romano do Oriente, o qual chamamos atualmente de Império Bizantino. Destaca-se nesta época o uso pela marinha bizantina de uma arma de guerra denominada fogo grego. Consistia de um dispositivo que vertia material inflamável líquido sobre navios inimigos de modo que o fogo se mantinha sobre a água do mar. Até hoje a formulação do fluido do fogo grego não é conhecida, sendo um dos maiores segredos de armamentos até hoje. Alguns historiadores presumem que, como o Império Bizantino tinha domínios territoriais e comércio com regiões que hoje produzem petróleo, os bizantinos poderiam ter desenvolvido um processo de obtenção de óleos inflamáveis.

A partir do século 6, a expansão do islã transferiu o eixo do conhecimento de Constantinopla para Bagdá e foi nesse cenário histórico que a khemeia ganhou o nome árabe de al-kimia.

Além das necessidades de se obter metais para armamentos, devido à religião islâmica, a pessoa deve se apresentar limpa para rezar e não pode consumir bebidas alcoólicas. Foi a partir destas e outras necessidades que os árabes desenvolveram processos como a destilação, cristalização, filtração e amalgamação de metais.

O alquimista Jabir ibn Hayyam (721 – 815) é considerado o pai da Química tanto pelas suas invenções quanto por suas descobertas, dentre elas a invenção do alambique, o processo da cristalização de sais, a separação do ácido cítrico, a partir de limões e laranjas, do ácido acético, a partir do vinagre, e do ácido tartárico, a partir de resíduos de fabricação de vinho.

A primeira classificação química foi realizada por Jabir e dividia as substâncias em:

- espíritos: substância que vaporizam ao calor: sal amoníaco, mercúrio, arsênico, enxofre, cânfora.

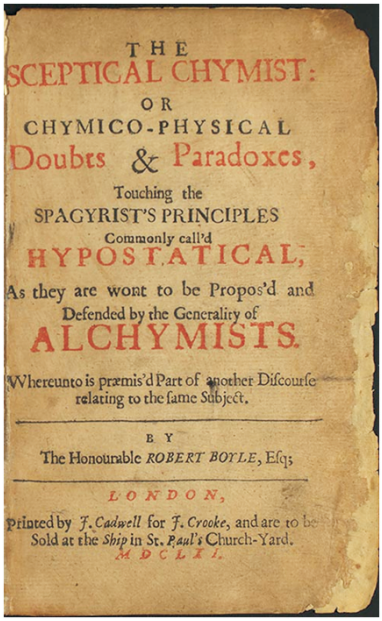
- metais: ouro, prata, chumbo, estanho, cobre, ferro.

- não-maleáveis: substâncias que podem ser transformadas em pós.

Utilizando as combinações dos 4 elementos proposta por Empédocles, Jabir propôs que todos os metais foram formados a partir de diferentes combinações de enxofre (que possuía as qualidades de quente e seco) e mercúrio (que possuía as qualidades de frio e úmido). Apesar de errado, foi a partir deste conceito que a busca pela pedra filosofal, que converteria metais comuns como ferro e chumbo em ouro, voltou com mais força (pois esse sonho da alquimia também era comum nos tempos do Império Romano).

A Revolução Boyleana

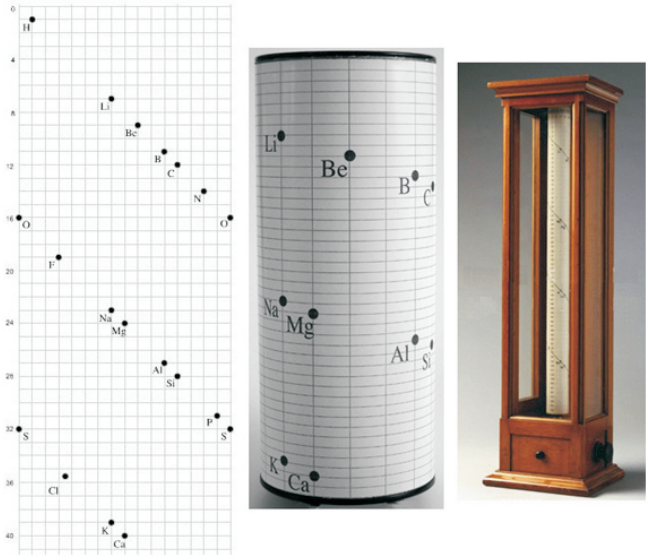
A alquimia, apesar dos avanços


THE
SCEPTICAL CHYMIST:
OR
CHYMICO-PHYSICAL
Doubts & Paradoxes,
Touching the
SPAGYRIST'S PRINCIPLES
Commonly call'd
HYPOSTATICAL,
As they are wont to be Propos'd and
Defended by the Generality of
ALCHYMISTS.
Whereunto is præmis'd Part of another Discourse relating to the same Subject.
BY
The Honourable ROBERT BOYLE, Esq;
LONDON,
Printed by J. Cadwell for J. Crooke, and are to be Sold at the Ship in St. Paul's Church-Yard.
MDCLXI.

Capa do livro The Sceptical Chymist, Robert Boyle, 1661.

realizados pelos árabes, sempre esteve carregada de conceitos místicos. A ponto de muitos alquimistas escreverem seus relatos em forma hermética, ou seja, usando palavras código, poesias e parábolas para descrever seus experimentos.

Em 1661, as livrarias de Londres recebem o livro The Sceptical Chymist (O químico cético), escrito pelo filósofo natural Robert Boyle. Em sua obra, Boyle afirma que nenhum experimento comprova que as substâncias químicas tenham correlação com os elementos de Empédocles e que todas as hipóteses deveriam ser validadas com experimentos.



O parafuso telúrico de Chancourtois visto de forma plana, cilíndrica e seu modelo original.

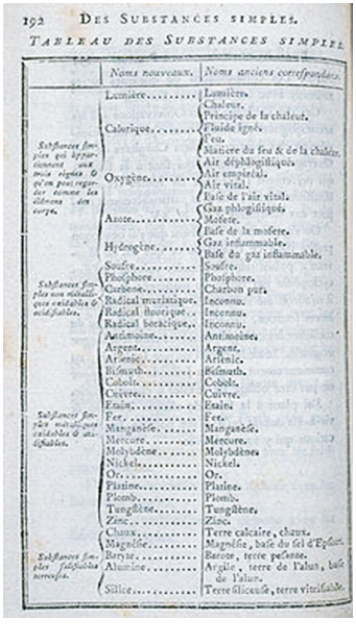

192 DES SUBSTANCES SIMPLES.

TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES.

Noms nouveaux.	Noms anciens correspondans.
Lumière	Lumière.
	Chaleur.
	Principe de la chaleur.
Calorique	Fluide igné.
	Feu.
	Matière du feu & de la chaleur.
	Air déphlogistiqué.
Oxygène	Air empirétal.
	Air vital.
	Base de l'air vital.
	Gaz phlogistiqué.
Azote	Mofette.
	Base de la mofette.
	Gaz inflammable.
Hydrogène	Base du gaz inflammable.
Soufre	Soufre.
Phosphore	Phosphore.
Carbone	Charbon pur.
Radical muriatique	Inconnu.
Radical fluorique	Inconnu.
Radical boracique	Inconnu.
Antimoine	Antimoine.
Argent	Argent.
Arsenic	Arsenic.
Bismuth	Bismuth.
Cobolt	Cobolt.
Cuivre	Cuivre.
Etain	Etain.
Fer	Fer.
Manganèse	Manganèse.
Mercure	Mercure.
Molybdène	Molybdène.
Nickel	Nickel.
Or	Or.
Platine	Platine.
Plomb	Plomb.
Tungstène	Tungstène.
Zinc	Zinc.
Chaux	Terre calcaire, chaux.
Magnésie	Magnésie, base du sel d'Epsom.
Baryte	Baryte, terre pesante.
Alumine	Argile, terre de l'alun, base de l'alun.
Silice	Terre siliceuse, terre vitrifiable.

Tabela de substâncias simples de Lavoisier. Notam-se substâncias como o enxofre (soufre), cobre (cuivre), nitrogênio (azote), oxigênio (oxygène) e, para a época, fluido calórico (calorique) e luminoso (lumière).

Além disso, foi o primeiro livro a sistematizar os nomes dos compostos químicos. Foi com essa obra que a Alquimia se transmutou em uma ciência moderna, a Química.

Os novos elementos

O livro de Boyle foi um marco fundamental na experimentação química, tanto que foi traduzido e inspirou Antoine Lavoisier em seus trabalhos. E é em seu livro Traité Élémentaire de Chimie (1789) que há a primeira definição moderna de elemento químico: toda substância que não pode ser decomposta por uma reação química. Lavoisier também apresentou 33 substâncias elementares e dividiu os elementos em simples, metálicos, não-metálicos e terrosos.

Baseando-se na Lei da conservação de massa de Lavoisier, Joseph Louis Proust sistematizou a Lei das proporções definidas, que conhecemos na escola nas aulas de balanceamento de reações químicas. Essas duas leis abriram o caminho para que o inglês John Dalton apresentasse a Teoria Atômica, na qual todas as substâncias são formadas por átomos de elementos químicos em proporções bem definidas.

Em busca de uma ordem dos elementos

Em 1817, o químico alemão Johann Wolfgang Döbereiner observou que os elementos poderiam ser agrupados em grupos de três elementos: tríades. Nestas tríades, agrupavam-se elementos com características químicas semelhantes.

Em 1862, o geólogo francês Alexandre-Emile Béguyer de Chancourtois criou uma organização dos elementos por massa atômica em forma espiral denominada parafuso telúrico. Foi notada a periodicidade das propriedades químicas, porém seu trabalho dava ênfase a aspectos geológicos dos elementos.

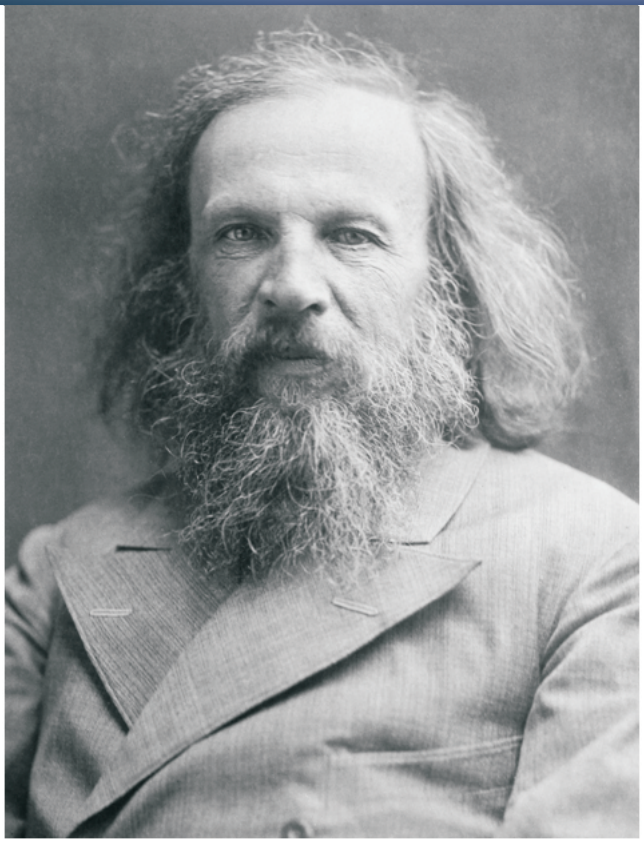
Em 1864, o químico alemão Julius Lothar Meyer publicou uma tabela dos 44 elementos conhecidos na época arranjados conforme a sua valência. Esta tabela mostrava que elementos com a mesma valência compartilhavam propriedades similares.

Foi em 1869 que o químico russo Dmitri Mendeleiev apresentou uma tabela que apresentava duas inovações:

- espaços vazios para elementos que ainda seriam encontrados, porém com propriedades químicas estimadas (o que de fato ocorreu, os elementos eka-boro e eka silício, denominados por Mendeleiev, foram descobertos anos depois e denominados gálio e germânio);

- troca dos elementos adjacentes telúrio e iodo, ignorando neste caso a ordem sugerida pelas massas atômicas; de modo que estes elementos ficaram em suas famílias químicas corretas.

No início do século 20, Frederick Soddy e Ernest Rutherford constataram que a emissão de radioatividade por alguns elementos químicos resultava em elementos químicos



Dmitri Ivanovich Mendeleiev (1834 - 1907)

diferentes e que existiam átomos do mesmo elemento químico, mas com massas atômicas diferentes. A estes átomos deu-se o nome de isótopos.

Assim, a massa atômica não era uma propriedade que poderia definir unicamente um elemento. O número atômico, ou seja, a quantidade de prótons que um elemento tem no núcleo é o que identifica um elemento químico e isto define a posição de um elemento na tabela periódica.

Os 150 anos da tabela periódica

Com o desenvolvimento científico e tecnológico foi possível encontrar novos elementos químicos e também sintetizar elementos químicos que não são encontrados na Natureza. O último elemento natural é o urânio, de número atômico 92. Os elementos de número atômico 93 em diante são sintetizados em laboratórios de Física Nuclear e recebem o nome de elementos transurânicos. O primeiro elemento transurânico

Ueber die Beziehungen der Eigenschaften zu den Atomgewichten der Elemente. Von D. Mendelejeff. — Ordnet man Elemente nach zunehmenden Atomgewichten in verticale Reihen so, dass die Horizontalreihen analoge Elemente enthalten, wieder nach zunehmendem Atomgewicht geordnet, so erhält man folgende Zusammenstellung, aus der sich einige allgemeinere Folgerungen ableiten lassen.

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180	
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182	
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186	
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4	
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198	
		Ni = Co = 59		Pd = 106,6	Os = 199	
H = 1			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200	
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112		
	B = 11	Al = 27,4	? = 68	Ur = 116	Au = 197?	
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118		
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?	
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?		
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	J = 127		
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204	
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207	
		? = 45	Ce = 92			
		?Er = 56	La = 94			
		?Yt = 60	Di = 95			
		?In = 75,6	Th = 118?			

1. Die nach der Grösse des Atomgewichts geordneten Elemente zeigen eine stufenweise Abänderung in den Eigenschaften.

2. Chemisch-analoge Elemente haben entweder übereinstimmende Atomgewichte (Pt, Ir, Os), oder letztere nehmen gleichviel zu (K, Rb, Cs).

3. Das Anordnen nach den Atomgewichten entspricht der *Werthigkeit* der Elemente und bis zu einem gewissen Grade der Verschiedenheit im chemischen Verhalten, z. B. Li, Be, B, C, N, O, F.

4. Die in der Natur verbreitetsten Elemente haben *kleine* Atomgewichte und alle solche Elemente zeichnen sich durch Schärfe des Verhaltens aus. Es sind also *typische* Elemente und mit Recht wird daher das leichteste Element H als typischer Massstab gewählt.

5. Die *Grösse* des Atomgewichtes bedingt die Eigenschaften des Elementes, weshalb beim Studium von Verbindungen nicht nur auf Anzahl und Eigenschaften der Elemente und deren gegenseitiges Verhalten Rücksicht zu nehmen ist, sondern auf die *Atomgewichte* der Elemente. Daher zeigen bei mancher Analogie die Verbindungen von S und Te, Cl und J, doch auffallende Verschiedenheiten.

6. Es lässt sich die Entdeckung noch vieler *neuen* Elemente vorhersehen, z. B. Analoge des Si und Al mit Atomgewichten von 65—75.

7. Einige Atomgewichte werden voraussichtlich eine Correction erfahren, z. B. Te kann nicht das Atomgewicht 128 haben, sondern 123—126.

8. Aus obiger Tabelle ergeben sich neue Analogien zwischen Elementen. So erscheint Bo (?) als ein Analoges von Bo und Al, was bekanntlich schon längst experimentell festgesetzt ist. (Russ. chem. Ges. 1, 60.)

Primeira publicação da tabela de Mendeleiev em 1869 no periódico alemão ZeitschriftfürChemie.

Reihen	Gruppe I. — R^1O	Gruppe II. — RO	Gruppe III. — R^2O^3	Gruppe IV. RH^4 RO^2	Gruppe V. RH^3 R^2O^5	Gruppe VI. RH^2 RO^3	Gruppe VII. RH R^2O^7	Gruppe VIII. — RO^4
1	H=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27,3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K=39	Ca=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63.
5	(Cu=63)	Zn=65	—=68	—=72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ru=104, Rh=104, Pd=106, Ag=108.
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	— — — —
9	(—)	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199.
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	— — — —

Tabela periódica de Mendeleiev de 1871, editada e organizada de modo que os elementos estão agrupados em Gruppe (equivalente ao que hoje denominamos famílias ou grupos) e Reihen (equivalente ao que hoje denominamos período).

encontrado foi o neptúnio, de número atômico 93, no ano de 1939. Entretanto, os elementos transurânicos são instáveis, devido aos seus núcleos pesados, emitem radioatividade e decaem em outros elementos muito rapidamente, tornando difícil a sua detecção e caracterização. Durante a Guerra Fria, diferentes laboratórios nos EUA e na URSS chegavam aos mesmo elementos, iniciando uma disputa sobre qual nome o novo elemento receberia. Em 1955, a universidade da Califórnia sintetizou o elemento químico de número atômico 101, em homenagem a Mendeleiev recebeu o nome de mendelévio (Md).

Atualmente, as pesquisas sobre novos elementos químicos buscam encontrar a chamada ilha da estabilidade, uma região da tabela periódica na qual são previstos elementos superpesados mas que conseguem manter-se estáveis sem sofrer decaimento radioativo.

Rafael Cândido Jr. é membro fundador do grupo Arcturus. É graduado e mestre em Engenharia Química (USP) e doutorando em Engenharia Aeroespacial (ITA).

Dica de leitura:
O sonho de Mendeleiev, de Paul Strathern.

Academia de Ciências Naturais

Educação científica 24 horas por dia!

Biologia, Ecologia, Geologia, Astronomia, Evolução, Genética e muito mais!

www.facebook.com/academiadecienciasnaturais

www.caeh.com.br

MARIALVA - PR

Fundado em 01 de Setembro de 2011, data onde também ocorreu nossa primeira atividade, uma observação pública na Praça Madre Rafaela Ybarra em Marialva. O CAEH, como é chamado do Clube de astronomia Edmond Halley, é um clube de astronomia amadora formado por pessoas de diversas idades e profissões, com o interesse na troca de conhecimento, experiências e também vontade de ensinar e levar a astronomia para toda a população local.

Temos como principal atividade o aprendizado de astronomia e ciências afins pelos membros e também a divulgação e a popularização da ciência para a comunidade. Realizamos observações públicas, palestras, encontros astronômicos e também dois acampamentos astronômicos anuais mostrando aos participantes as diferenças entre o céu de inverno e o céu de verão.

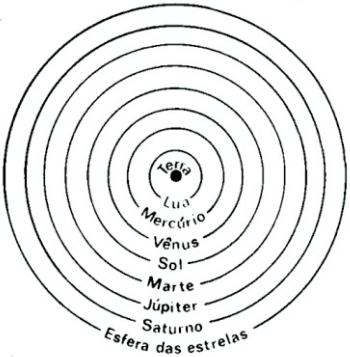
O CAEH é um clube independente sem fins lucrativos, aberto a toda a comunidade, onde todos os membros são voluntários na divulgação e propagação da astronomia para nossa população, em especial nossas crianças.

A subjetividade do conceito de VIDA

Júlia Catarina Bastos Araújo
catarinajulia05@gmail.com

Dentre as grandes questões formuladas ao longo da história da humanidade, a pergunta "há vida em outros planetas?" pode ser considerada uma das mais intrigantes. A ideia da existência de outra(s) forma(s) de vida em lugares além da Terra foi, inclusive, matéria-prima de inúmeros debates e considerações realizados há muito tempo e que se prolongam até hoje. Destaca-se, inicialmente, a Filosofia e suas personalidades como Demócrito (460 a.C-370 a.C.), Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.), Epicuro (341 a.C-271 a.C.), Lucrécio (99-55 a.C), Santo Agostinho (354-430), entre outros, que teceram ideias a respeito da vida extraterrestre e contribuíram, assim, para o desenvolvimento de diversas teorias e conhecimentos sobre o assunto.

A cosmologia aristotélica, por exemplo, dividia o mundo em duas partes: sublunar e supralunar. A primeira seria terrestre, sujeita à mudanças e impermanências. Já a segunda seria celeste, imutável e incorruptível. Aristóteles negava a possibilidade da existência de vida extraterrestre. De acordo com o filósofo, a vida por si só exige mutabilidade e transformações. Sua natureza necessita do devir, do movimento natural das coisas. Sendo assim, não seria possível que ela se desenvolvesse fora da Terra já que no mundo supralunar



isso não aconteceria.

Indo de encontro aos ideais aristotélicos, os atomistas Leucipo e Demócrito possuíam a perspectiva de um cosmos infinito. Eles imaginavam que a matéria era composta de uma parte menor, o átomo, que se repetia constituindo algo maior. Entendiam que a água, por exemplo, seria formada de microscópicas gotinhas da substância. O raciocínio, inclusive, estendeu-se a nível astronômico. Os filósofos afirmavam que a Via Láctea era formada de inúmeras estrelas que se localizavam a longas distâncias entre si e, portanto, forneciam a ela seu aspecto nebuloso. Os pré-socráticos, além de terem acertado em suas colocações, realizavam o fazer científico de forma extremamente similar ao modo utilizado atualmente: explicavam o visível pelo invisível.

Ainda sob a ótica da Cosmologia e de sua natural vastidão, Epicuro sustentava a ideia de diversos mundos e a possibilidade desses serem habitados. Segundo ele, seria improvável que somente a Terra possuísse vida na imensidão do Universo. Isso contrariava Aristóteles, que pode ser considerado simultaneamente um dos maiores nomes da Filosofia e aquele que mais cometeu erros na história da ciência. Além disso, Epicuro deixou seu legado por meio de outros grandes nomes da filosofia, que seguiam seu sistema de conduta. O epicurista Lucrécio no poema "De Rerum Natura" ("Sobre a Natureza das Coisas") reafirma a ideia da existência de vida extraterrestre. Segundo ele "...é improvável no mais alto grau que esta terra e este céu sejam os únicos que existam... Portanto, devemos nos dar conta de que há outros mundos em outras partes do universo, com diferentes raças de homens e animais."

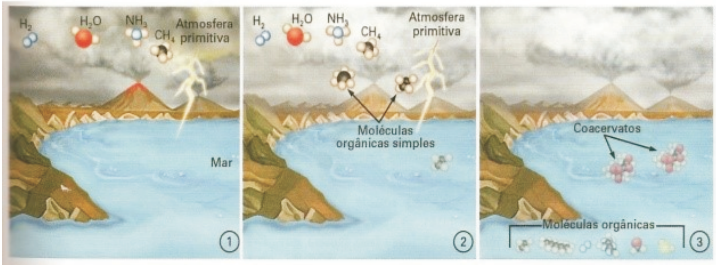
Posteriormente, com o surgimento da Astrobiologia, a vida tornou-se objeto de estudo de uma nova ciência que, além de fascinante, apresenta caráter transdisciplinar. A Astrobiologia questiona a estrutura clássica do fazer científico. Ela busca responder grandiosas questões por meio da observação do objeto de estudo através de diversas perspectivas simultaneamente. Pesquisadores de diferentes áreas reúnem-se e trabalham juntos. Suas respectivas linguagens e lógicas acabam por convergir, ampliando o universo de raciocínios descobertos e a possibilidade de obtenção de novos conhecimentos. Tal característica faz-se imprescindível num campo que lida com questões tão vastas e fundamentais.

Ainda, entende-se frequentemente o processo de compreensão de um objeto ou conceito como a formulação de uma definição. Isso, porém, foge ao entendimento científico do que é, de fato, entendê-los. Na ciência, as respostas de questionamentos não são definitivos. A astrobiologia trabalha com perguntas que comumente resistem a definibilidade devido ao seu caráter extremamente subjetivo. A grande questão "O que é a vida?" possui essa característica. Sabemos o que é vida, mas não se sabe explicá-la de uma forma universal. Ainda, o conceito de vida está diretamente ligado ao sujeito. Suas

experiências com o mundo e aqueles que o constituem irão diferenciar o que é vivo do que não é. Um ser vivo estabelece uma relação muito mais complexa com o sujeito do que um ser inanimado. Diante do exposto, a tentativa de definir algo tão complexo acaba sendo, de certa forma, inviável. Por vezes, definições amplas são estabelecidas e acabam por incluir demais. Em outros casos, com definições estreitas, pode-se restringir demais o conceito, deixando de fora exemplares consideráveis.

Sendo assim, nota-se que o conceito de vida apresenta inúmeras possíveis definições que variam de acordo com o ponto de vista a ser abordado. Sob os olhos da teologia, por exemplo, o termo assume significado metafísico e espiritual. Se analisado pela ótica da psicologia, porém, admite-se a existência de vida caso haja a manifestação psíquica de um indivíduo. Percebe-se, ainda, a frequente presença da figura do homem no entendimento do ideal. A ideia de vida, para nós, parece estar raramente desvinculada à concepção de vida humana, o que revela uma antropocêntrica e, por vezes, simplista forma de entender o mundo. Dessa forma, percebe-se que a busca de uma definição e origem para vida está ligada a uma procura de pertencimento, de uma ancestralidade. Isso comumente leva a uma questão ainda maior: "Qual a origem da vida?"

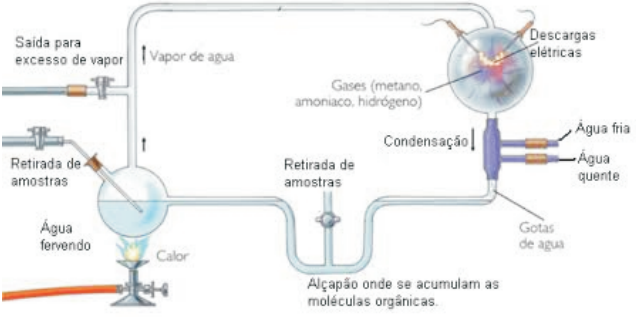
Ao longo da história, muito se foi discutido a respeito desse questionamento. Teceu-se então duas principais correntes teóricas: a Abiogênese e Biogênese. A primeira defende a possibilidade da vida ter surgido a partir de matéria não viva. Encontram-se Aristóteles, Darwin, Oparin, Haldane, Urey, Miller, entre outros, como importantes defensores da teoria. Já abordado anteriormente, Aristóteles acreditava na "Pneuma", matéria divina que originaria a vida e seria um estágio de perfeição logo abaixo da alma humana. Darwin, em contrapartida, fez considerações a respeito dos surgimentos dos primeiros seres vivos. Segundo ele, a vida em si teria surgido de uma poça de um caldo nutritivo que continha sais de fósforo, amônia, luz, calor e eletricidade (provenientes do meio da Terra primitiva). Esses transformariam-se em compostos mais complexos que, em seguida, dariam origem a vida.



Síntese de moléculas orgânicas e formação de estruturas coacervadas

Oparin e Haldane, com seus estudos bioquímicos, foram um pouco mais adiante. Suas hipóteses eram pautadas na gradual transformação de compostos químicos simples em moléculas de extrema importância para a vida, como proteínas e carboidratos. Elas, por sua vez, desenvolveriam um metabolismo primitivo. Posteriormente, com a queda de temperatura do planeta e o consequente resfriamento de mares, lagos e oceanos, substâncias maiores e um pouco mais complexas foram formadas, os coacervados (aglomerados proteicos envolvidos por água que podem ser considerados os precursores das células). Esses evoluíram e deram início às primeiras formas de vida.

Com o intuito de provar essa hipótese, Urey e Miller realizaram um experimento que comprovou a possibilidade da formação de matéria orgânica a partir da inorgânica. Em compensação, a prática continha alguns problemas. Ela não simulava



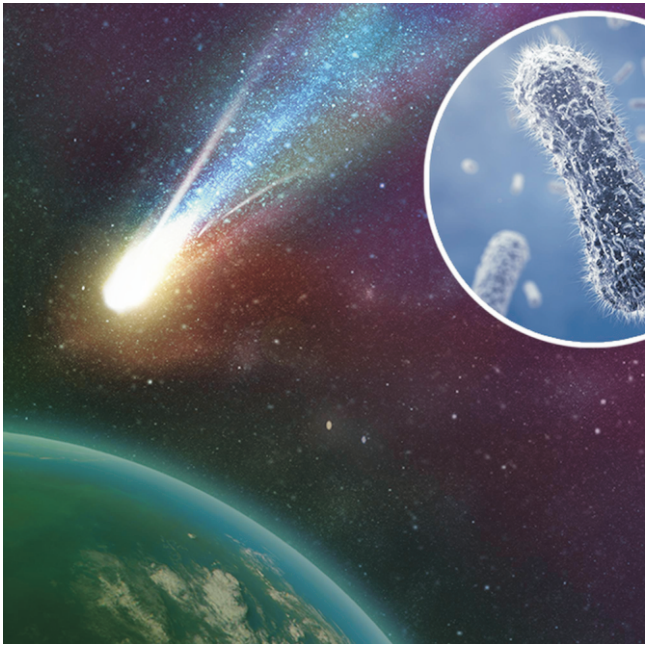
Experimento de Urey-Miller

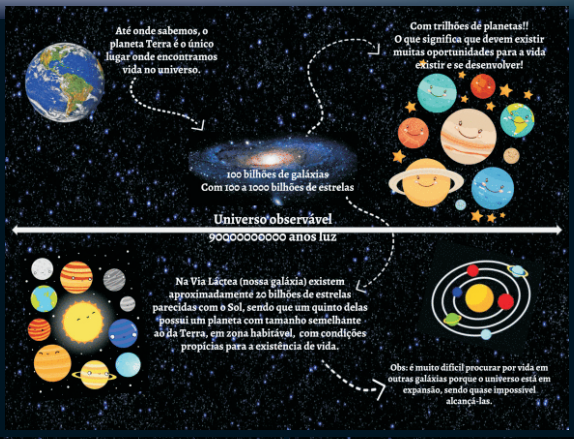
corretamente a atmosfera da Terra primitiva (pensava-se que ela era redutora como a dos Gigantes Gasosos, porém esse fato foi refutado posteriormente) e trabalhava com um ambiente fechado, livre de alterações ou influências, o que não condiz com a realidade da época. Ainda assim, a obtenção de aminoácidos a partir de carbono, água, amônio, metano e faíscas, foi fato surpreendente que acabou por fornecer créditos a teoria da geração espontânea (Abiogênese).

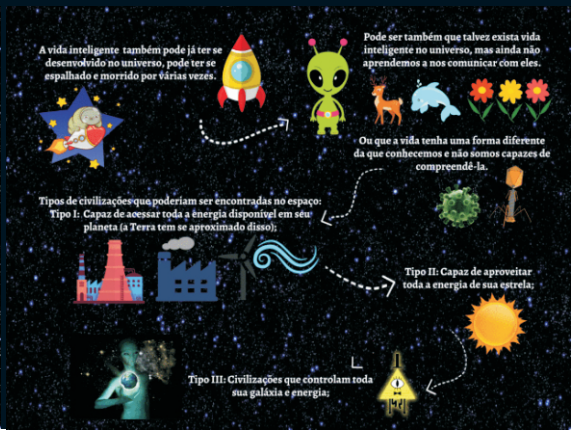
Contrariando essa crença, personalidades como Hurley e Pasteur defendiam a Biogênese, ou seja, a crença de que a vida se originou de seres vivos preexistentes. A principal teoria dentro dessa corrente é a Panspermia. Essa, por sua vez, discute a possibilidade de que a vida, microbiana ou não, seja distribuída pelo Universo por meio de corpos celestes. Isso pode ocorrer naturalmente ou de forma artificial. Dessa forma, a vida teria sido originada a partir de matéria prima oriunda do espaço. Além disso, pode-se classificar Panspermia em três tipos: Balística, Lithopanspermia

ou Panspermia Dirigida. As duas primeiras afirmam que o processo de transferência do material biológico se deu de forma natural. Elas divergem unicamente na escala desse acontecimento. Segundo a Panspermia Balística, esse evento ocorreu a nível de um mesmo sistema estelar, enquanto de acordo com Lithopanspermia, isso teria ocorrido a nível interestelar, de um sistema a outro. A Panspermia Dirigida, por sua vez, dialoga a respeito da possibilidade da vida ter sido distribuída por uma civilização alienígena avançada propositalmente ou até mesmo ser transmitida da Terra para outros planetas por seres humanos. Essas três, porém, admitem a ideia da existência de outras formas de vida no Universo.

Isso remete a outra importante questão: “Onde está o outro?” Ou ainda, “Onde está todo mundo?”. Diante da imensidão do Universo e da quase imensurável quantidade de corpos celestes, entende-se que a probabilidade de existir vida extraterrestre é muito grande, principalmente uma similar a nossa. Sabe-se ainda que, viajando a 1% da velocidade da luz, demoraria poucos milhões de anos para que uma forma de vida inteligente conseguisse se espalhar por toda a galáxia. Entretanto, até o presente momento, não se obteve nenhuma evidência de sua existência. Sendo assim, onde de fato está todo mundo? Essa dúvida estabelece o Paradoxo de Fermi. Em 1950, Enrico Fermi chegou a esse questionamento enquanto conversava com seus amigos. Posteriormente, seu raciocínio foi quantificado na chamada Equação de Drake. Essa fornece uma previsão do número de civilizações na galáxia que seriam capazes de realizar comunicação interestelar, relacionando por meio de um produto fatores como taxa de formação estelar, fixação de estrelas com planetas, fração de planetas habitáveis que desenvolverão vida, fração de planetas com vida que desenvolverão inteligência, fração de planetas com inteligência que desenvolverão comunicação interestelar e, por fim, duração de uma civilização durante a fase de comunicação interestelar.







Em contrapartida, como pouco desses fatores podem ser estimados com uma certa confiança, o resultado possui uma grande taxa de variação, que pode ir de menos de um acerca de milhões de civilizações. Ainda, mesmo com cálculos otimistas, a estimativa da existência dessas civilizações é baixa e corresponderia a 25. Esse número, apesar de levemente desanimador, serve como um norte para às pesquisas. Diante disso, os astrobiólogos devem buscar formas de vida não tão complexas e resistentes. Como não se pode imaginar algo que não se conhece, esses profissionais procuram por seres como os extremófilos, bactérias ou archeas capazes de viver em condições comumente letais a grande parte de organismos semelhantes a nós. Isso, porém, acaba por deixar e criar ainda mais questões a serem respondidas. Como eles se originariam em outros planetas? Como sobreviveram no espaço? A crença de que não estamos completamente sozinhos apoia-se nesses seres. Porém, muito ainda deve ser estudado.

Júlia Catarina Bastos Araújo cursa licenciatura em Química pela UFRJ

Sugestão de leitura:
Astrobiologia: Uma Ciência Emergente

Ciclo do carbono e seu contexto astrobiológico

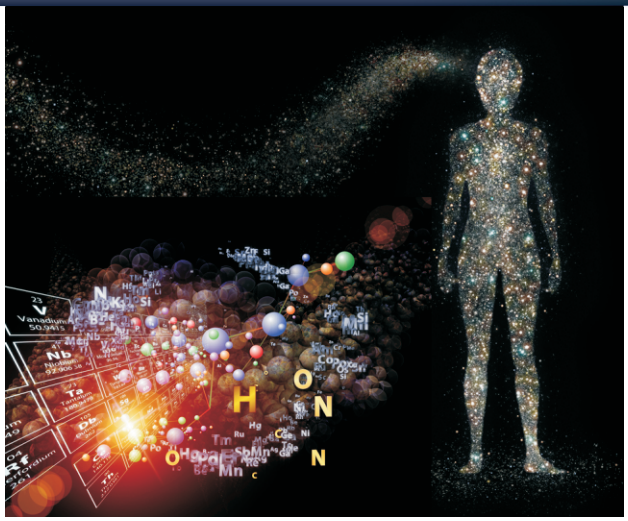
DO MICRO AO MACRO

Vitor André Rodrigues
vitor-var@hotmail.com

O carbono está presente em todos os seres vivos, toda vida que conhecemos baseia-se nesse elemento. Ele compõe as biomoléculas: aminoácidos, carboidratos, ácidos nucleicos e os lipídeos. Está presente na atmosfera nas formas de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), monóxido de carbono (CO), entre outros. O ciclo do carbono está ligado também ao efeito estufa e, consequentemente, ao aquecimento global. A maior parte do carbono em nosso planeta está na forma inorgânica, sendo encontrado, principalmente, em rochas sedimentares e nos carbonatos dissolvidos nas águas.

O ciclo biogeoquímico do carbono envolve fatores geológicos e processos químicos, os quais podem envolver ou não a participação de organismos vivos. O ciclo é constituído por três classes de processos químicos: trocas entre a atmosfera e os oceanos, reações assimilativas e desassimilativas do carbono e a precipitação de carbonatos nos oceanos.

As reações assimilativas consistem em processos que transformam o carbono inorgânico em compostos



orgânicos ocorrendo nos processos de fotossíntese e quimiossíntese. Ambos processos utilizam o dióxido de carbono como base para a produção de compostos orgânicos, sendo a grande diferença entre os dois o uso de energia solar na fotossíntese. A obtenção de energia ocorre também através da assimilação de compostos orgânicos, como ocorre nas respirações anaeróbicas e aeróbicas.

A fotossíntese é realizada por diversos seres (cianobactéria, plantas, algas) como forma de obter matéria orgânica a partir da inorgânica. Nesse processo, o dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera é incorporado pelas plantas, enquanto na água os carbonatos que são incorporados pelas algas. Água é hidrolisada por meio da energia proveniente da luz solar e o CO_2 é a fonte inorgânica de carbono. Como resultado, oxigênio e carboidratos são formados, como visto na equação (1).

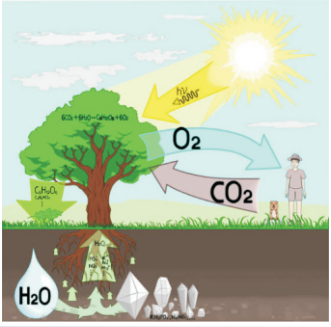
(1) $6CO2 + 6H2O + h_v \rightarrow C6H12O6 + 6O_2$

Há também a fotossíntese anoxigênica, processo realizado na Terra primitiva e que ocorre até hoje em grupos como na Bactéria Púrpura Sulfurosa. Em tal processo não há a liberação de oxigênio. Ao invés da água, compostos como H_2 e H_2S são utilizados como doadores de elétrons, como visto na reação (2).

(2) $CO_2 + 2H_2S + h_v \rightarrow (CH_2O) + H_2O + 2S$

A quimiossíntese é realizada por arqueobactérias e bactérias autotróficas que obtém energia a partir da oxidação de compostos inorgânicos, reduzidos ou não totalmente oxidados (SCHLEGEL, 1975). Tem grande importância no fundo dos oceanos, servindo como base da produção primária em ecossistemas que a luz não alcança. A principal fonte de carbono desses organismos é o CO_2, podendo, a partir dela, gerar moléculas orgânicas, como a glicose. O processo pode ser aeróbio, utilizando O_2, ou anaeróbio, utilizando NO_3^-, S e SO_4^{2-}.

Há muitos mecanismos de quimiossíntese, como exemplificado na tabela 1. Os quimiossintetizantes que utilizam moléculas inorgânicas são denominados quimiolitotróficos, enquanto os que utilizam



Doador de elétrons	Aceptor de elétrons	Organismos
S^{2-}, S^0, $S_2O_3^{2-}$	O_2	Bactérias Oxidadoras de Enxofre (BOE)
S^{2-}, S^0, $S_2O_3^{2-}$	NO_3^-	Bactérias desnitrificantes e BOE
H^2	O^2	Bactérias Oxidadoras de Hidrogênio
H^2	NO_3^-	Bactérias desnitrificantes
H^2	S^0, SO_4^{2-}	Bactérias Redutoras de Enxofre e Sulfato
H^2	CO^2	Bactérias Metanogênicas e Acetogênicas
NH_4^+, NO_2^-	O^2	Bactérias nitrificantes
$Fe^{2+}(Mn^{2+})$	O^2	Bactérias Oxidadoras de Ferro e Manganês
CH_4, CO	O^2	Bactérias Metilotróficas e Oxidadoras de Monóxido de Carbono

Tabela 1: Exemplos de bactérias encontradas em fontes hidrotermais. Fonte: Jannasch (1985)

moléculas orgânicas são denominados quimiorganotróficos.

Temos como exemplo de quimiossíntese a metanogênese, processo estritamente anaeróbio em que o carbono é o aceptor final de elétrons ao invés do oxigênio, como visto nas reações seguintes:

$$(3) CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$$

$$(4) CH_3COOH \rightarrow CH_4 + Co_2$$

Alguns organismos conseguem fazer o processo contrário, oxidar o metano para produzir energia, como observado na reação (5), tornando esta uma reação desassimilativo do carbono. Esse processo é conhecido como Oxidação Anaeróbia do Metano (AOM), ocorrendo em ambientes marinhos e de água doce.

$$(5) SO_4^{2-} + CH_4 \rightarrow HCO_3^- + HS^- + H_2O$$

Outro caso de quimiossíntese é a oxidação do sulfeto de hidrogênio. A *Riftia pachyptila*, espécie de poliquetas que vive próxima a fontes hidrotermais, mantém relações simbióticas com sulfobactérias. Esses ambientes têm altas concentrações de sulfeto de hidrogênio, no entanto, as sulfobactérias que oxidam o sulfeto de hidrogênio, gerando carboidratos e liberando enxofre, fazendo com que tais ecossistemas tenham maior biomassa que outros em mesmas profundidades (JANNASCH, 1985).

$$(6) 12H_2S + 6CO_2 \rightarrow C_6H_{12}O_6 + H_2O + 12S$$

O carbono pode ser devolvido à atmosfera através de diversos processos: antrópicos, como uso de combustíveis fósseis e queimadas, ou a partir dos processos de obtenção de energia dos seres vivos heterotróficos, como a respiração aeróbica e anaeróbica. A respiração aeróbica foi uma grande novidade evolutiva, visto que a mesma tem um saldo de energia deveras maior quando comparado com a respiração anaeróbica ou fermentação. No processo, um carboidrato, comumente a glicose, é oxidado a fim de obter ATP (adenosina trifosfato), a "moeda energética" das células. O processo ocorre em três etapas: glicólise, no citoplasma da célula; o ciclo de Krebs e a fosforilação oxidativa, ambos ocorrendo nas mitocôndrias, organela exclusiva dos eucariotos. A reação geral da respiração aeróbica é descrita a seguir:

(7) $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$

A respiração anaeróbica, por sua vez, ocorre na ausência de oxigênio, utilizando outros elementos como aceptor de elétrons, como SO_4, NO_3, and Fe^{+3}. Tal processo é realizado por procariotos e tem como resultado liberação de energia e compostos inorgânicos de carbono, como o CO_2.

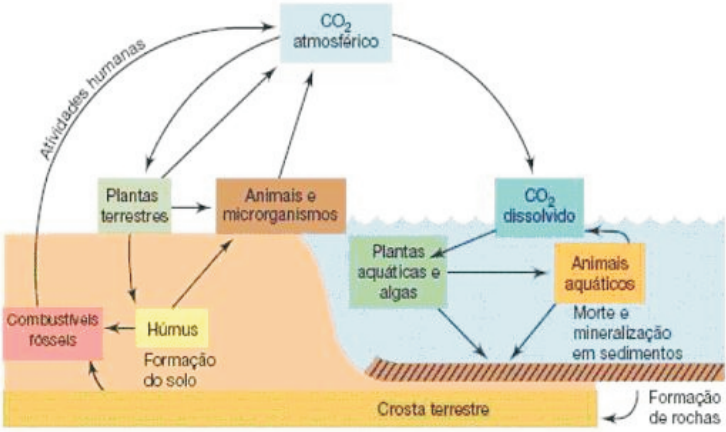


Figura 1: Ciclo biogeoquímico do carbono. Fonte: Microbiologia de Brock,2004

Outras formas de obtenção de energia a partir de moléculas orgânicas é a fermentação. Nesse processo não há aceptor de elétrons, a molécula orgânica passa pelo processo de glicólise, por exemplo, resultando em piruvato. Na fermentação é comum a liberação de metano e dióxido de carbono, além de outros compostos, como o etanol.

Quando os seres vivos morrem, podem ser decompostos ou sedimentados e mineralizados, resultando nos combustíveis fósseis. A decomposição ocorre por bactérias, fungos e protozoários saprofágicos, que decompõe cadáveres, excremento, entre outros, originando sais minerais, água, dióxido de carbono, etc. O carbono pode também ser devolvido à atmosfera através de queimadas, antrópicas ou naturais, pelo uso de combustíveis fósseis, pela respiração, entre outros.

As trocas de CO_2 atmosférico com os oceanos e outros cursos de água ocorrem apenas nas camadas mais superficiais em todos os ambientes aquáticos. Estima-se que, todo ano, 40% do dióxido de carbono liberado dos combustíveis fósseis é incorporado aos oceanos. O carbono dissolvido pode ser encontrado na água na forma de CO_2 livre e H_2CO_3 (ácido carbônico), além de bicarbonato (HCO^{3-}). Tais compostos são responsáveis pelo controle do pH dos ambientes aquáticos.

A precipitação do carbono leva, a longo prazo, à formação de rochas sedimentares, como o calcário. Isso ocorre sobretudo em ambiente marinho, também pela deposição de material biológico, como exoesqueletos contendo carbonato de cálcio, apresentado pelos crustáceos, por exemplo, ou mesmo os corais, que possuem um exoesqueleto calcário.

As rochas sedimentares formadas a partir de carbonato são, principalmente calcário e rochas dolomíticas. O calcário pode ser transformado em dolomita a partir da substituição de

cálcio (Ca^{++}) por magnésio (Mg^{++}). A dolomita é mais resistente ao intemperismo que o calcário, sendo utilizado no lugar do mesmo em algumas aplicações da construção civil, além de ser utilizada em produtos farmacêuticos, cosméticos, etc. Essas rochas, encontradas no ambiente marinho, chegam à superfície terrestre através do movimento das placas tectônicas.

Tanto em ambiente aquático quanto terrestre, as rochas estão submetidas ao processo de intemperismo. O intemperismo é o processo de degradação das rochas, podendo ser químico, físico ou biológico. O intemperismo químico dessas rochas ocorre, sobretudo, pelo ácido carbônico presente no ambiente marinho ou na água das chuvas, enquanto o intemperismo físico é marcado pela variação de temperatura — o calor dilata a rocha e o frio a contrai, esses processos constantes resultam na quebra das rochas em partes cada vez menores, processo que ocorrem em um longo período de tempo.

Evolução atmosférica

A atmosfera originou-se do vulcanismo na Terra primordial e, com o tempo, foi alterada devido a impacto de meteoritos. A atmosfera era constituída em sua maior parte por dióxido de carbono, além de pequenas quantidades de vapor de água, monóxido de carbono, gases sulfurosos e hidrogênio (gases típicos de atividade vulcânica). Estudos baseados em estrelas jovens indicam que o Sol da Terra primordial provia menos calor que hoje, tornando o efeito estufa o responsável por manter a água no estado líquido e permitir o surgimento da vida.

Com o surgimento dos seres autotróficos, O_2 passou a ser liberado, modificando a atmosfera e tornando-a mortal para os microrganismos adaptados ao ambiente anaeróbico. A presença de O_2 na atmosfera resultou também na formação da camada de ozônio: o ozônio é formado a partir do rearranjo de uma molécula de oxigênio com O2 após a quebra da mesma.

Agora, a ação antrópica tem alterado cada vez mais a composição da atmosfera. O uso de combustíveis fósseis contribui com gigatoneladas anuais de CO_2 e CO na atmosfera, os níveis de CH_4 vem aumentando anualmente, as queimadas de áreas preservadas e o avanço da agropecuária diminuem o sequestro de

carbono e o aumento do dióxido de carbono resulta na acidificação dos mares, destruindo ecossistemas inteiros, como é o caso dos recifes de corais. Os impactos causados são tamanhos que muitos consideram o período humano como o antropoceno, devido à tamanhas mudanças no planeta em um espaço geológico tão curto.

Vítor André Rodrigues cursa Ciências Biológicas (UFJF)

Referências bibliográficas

1. Teodoro, Priscila Gualberto. Escolha dos livros didáticos de ciências no município de Santo Antônio da Platina: uma análise na abordagem dos ciclos biogeoquímicos. 2014. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

2. Rosa, Rogério da Silva; Messias, Rossine Amorim; Ambrozini, Beatriz. Importância da compreensão dos ciclos biogeoquímicos para o desenvolvimento sustentável. 2003. Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos, 2003.

3. Schlesinger, William H. Biogeochemistry: An Analysis of Global Change. San Diego, Calif. Academic Press, 1997. 3º edition.

4. Ricklefs, R. E. A Economia da Natureza. 5 Ed. – Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003, p 133-165.

5. Toniolo, João Cláudio; Carneiro, Celso Dal Ré. Processos geológicos de fixação de carbono na terra e aquecimento global. Universidade Estadual de Campinas, 2015.

6. Taiz, Lincoln; Zeiger, Eduardo. Fisiologia vegetal. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

7. Peres, Francielli Vilela. Diversidade e conectividade de comunidades bacterianas em substratos sintéticos e orgânicos no atlântico sudoeste profundo. 2016. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) - Instituto de Ciências Biomédicas, University of São Paulo, São Paulo, 2016. doi:10.11606/D.42.2017.tde-19012017-115607. Acesso em: 2019-05-30.

8. Caspers, H. (1973), Marine Ecology. A Comprehensive, Integrated Treatise on Life in Oceans and Coastal Waters. Editor : Otto Kinne. —New York London Sydney Toronto : Wiley Interscience, John Wiley & Sons, Volume II.

9. Schlegel, H. G. Mechanisms of chemo-autotrophy. In: KINNE, Otto (ed.). Marine Ecology: A Comprehensive, Integrated Treatise on Life in Oceans and Coastal Waters. London, 1975. v. 2, cap. 2.

10. Scheller, S., Goenrich, M., Boecher, R., Thauer, R. K., & Jaun, B. (2010). The key nickel enzyme of methanogenesis catalyses the anaerobic oxidation of methane. Nature, 465(7298), 606–608.

11. Somero, G.N. Symbiotic Exploitation of Hydrogen Sulfide. Physiology (2), 3-6, 1987.

12. Jannasch, H. W. (1985). Review Lecture: The Chemosynthetic Support of Life and the Microbial Diversity at Deep-Sea Hydrothermal Vents. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 225(1240), 277–297.doi:10.1098/rspb.1985.0062

13. Bock, E.; Schmidt, I.; Stueven, R.; Zart, D. Nitrogen loss caused by denitrifying Nitrosomonas cells using ammonium or hydrogen as electron donors and nitrite as electron acceptor. Archives of Microbiology 163(1): 16-20, 1995.

www.RECURSOSdeFÍSICA.com.br

Página que socializa produção de recursos de ensino adaptados à sala de aula e aos professores. Material produzido nas disciplinas do curso de Licenciatura em Física da UEM e em outros projetos coordenados pelo prof. Dr. Ricardo Francisco Pereira.

ASTRO NOVA

REVISTA DE DIVULGAÇÃO DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS DA NATUREZA

AstroNova é uma colaboração de estudantes, professores, astrônomos amadores e profissionais para a divulgação de Astronomia e Ciências da Natureza. É trimestral, com divulgação pública e gratuita.

Disponível em:
www.caeh.com.br

Nos acompanhe no *Fabebook* e no *Instagran*

www.facebook.com/AstroNovaBrasil

www.instagran.com/revistaastronova