

REVISTA DE DIVULGAÇÃO DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS DA NATUREZA

AstroNova

Ano 06 - Nº 21 - Março/2019

Tour pelo Sistema Solar
Os anéis de Júpiter



**Novidades do
planeta Netuno**



**História da Astronomia
na antiguidade**



**O DRAMÁTICO FIM DAS
ESTRELAS MASSIVAS**



A ORIGEM DA VIDA SOB UMA PERSPECTIVA CÓSMICA 

AS CONTRIBUIÇÕES DA ASTRONOMIA 

ATIVIDADES NA ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL 

AGENDA DOS LANÇAMENTOS ESPACIAIS 



Wilson Guerra
GCAA

EDITORIAL

Neste começo de 2019 a astronáutica traz uma novidade há muito esperada. O lançamento bem sucedido da cápsula espacial Crew Dragon, da empresa SpaceX. Se tudo correr bem seu próximo lançamento levará astronautas da NASA para a Estação Espacial Internacional, interrompendo 9 anos da paralização de transferência de tripulação em sono americano desde o fim do programa Space Shuttle. Até então a NASA pagava cárona com a Roscosmos (Rússia).

Outra novidade, na área das Ciências Planetárias, é uma lua "fragmentada" do planeta Netunô. Denominada de *Hippocamp*, este satélite natural inesperado é o tema da matéria da física Beatriz Araújo, que contribui novamente com nossa revista este ano.

Rafael Cândido Jr. continua sua série sobre as estrelas. Desta vez seu foco são as estrelas de grande massa, que possuem uma evolução muito mais complexa, e um fim ainda mais dramático.

Fernando Bortotti discorre sobre os subprodutos e benefícios da astronomia, tanto no âmbito técnico como no intelectual.

Maico Zorzan inicia uma sequência de estudos sobre a História da Astronomia. Nesta primeira parte trata da antiguidade, com um profundo e completo texto sobre este tema fascinante.

Eu contribuo nesta edição tratando do tema da Vida sob um contexto cósmico, e de como a Terra teve influências naturais de todo o Universo para existirmos hoje.

Uma ótima leitura a todos!

Wilson Guerra
GCAA

EXPEDIENTE

Editores:

Maico Zorzan
maicozorzan@outlook.com

Wilson Guerra
wilsonguerra@gmail.com

Redatores:

Beatriz Araujo
beatriz.araujo@aluno.ufabc.edu.br

Fernando Bortotti
fernando_bortotti@hotmail.com

Maico Zorzan
maicozorzan@outlook.com

Rafael Cândido Junior
eletorafa@gmail.com

Wilson Guerra
wilsonguerra@gmail.com

Arte e Diagramação:

Wilson Guerra
wilsonguerra@gmail.com



Tour pelo Sistema Solar

Os anéis de Júpiter.

08

- *As contribuições da Astronomia.*

11

- *A origem da Vida sob uma perspectiva cósmica.*

15



NETUNO: novidades sobre o gigante azul.

25

- *História da Astronomia: parte 1*
Das cavernas à escrita cuneiforme.

31

- *O destino das estrelas massivas.*

39

Principais Lançamentos do Trimestre

RÚSSIA



Foguete: Soyuz FG (RKK Energiya)

Tripulação 58-S da Estação

Espacial Internacional

Local: Cosmódromo de Baikonur

Data: 14/03/2019

Foguete: Proton (RKK Energiya)

Carga: Blagovest, satélite para internet rápida da Rússia

Local: Cosmódromo de Baikonur

Data: abril/2018

Foguete: Soyuz FG (RKK Energiya)

Carga: Progress com mantimentos para a Estação Espacial Internacional

Local: Cosmódromo de Baikonur

Data: 04/04/2019

Foguete: Soyuz 2.1b (RKK Energiya)

Carga: Glonass M, sistema russo de posicionamento global

Local: Cosmódromo de Plesetsk

Data: maio/2018

ESTADOS UNIDOS



Foguete: Pegasus XL

Carga: ICON, satélite da NASA para estudos ionosféricos

Local: base do Cabo Canaveral

Data: março/2019

Foguete: Falcon Heavy (SpaceX)

Carga: Arabsat 6A, satélite árabe de comunicações

Local: base do Centro Espacial Kennedy

Data: março/2019

Foguete: Delta 4 (ULA)

Carga: WGS 10, satélite geoestacionário de comunicações

Local: base do Cabo Canaveral

Data: 13/03/2019

Foguete: Atlas 5 (ULA)

Carga: CST-100, teste não tripulado da cápsula espacial da Boeing

Local: base do Cabo Canaveral

Data: abril/2019



Principais Lançamentos do Trimestre

EUROPA

Foguete: Vega (Arianespace)

Carga: PRISMA, satélite eletro-ótico de observação da Terra

Local: Base de Kourou

Data: 14/03/2019

Foguete: Vega (Arianespace)

Carga: Falcon Eye 1, satélite de observação da Terra em alta resolução

Local: Base de Kourou

Data: maio/2019

Foguete: Soyuz 2.1b (Arianespace Soyuz)

Carga: O3b F5, satélite de banda larga

Local: Sinnamary (Guiana Francesa)

Data: 26/03/2019

Foguete: PSLV

Carga: EMISat, satélite do governo da Índia - órbita polar

Local: base de Sriharikota

Data: 21/03/2019

Foguete: GSLV Mk.3

Carga: Chandrayaan 2, jipe robótico lunar

Local: base de Sriharikota

Data: abril/2019

NOVA ZELÂNDIA

Foguete: Electron (Rocket Lab)

Carga: R3D2, teste com satélite de pequenas dimensões com antena

Local: península Mahia

Data: março/2019

ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL

Principais atividades - dezembro/2018 a fevereiro/2019

Tripulação atual



Próxima Expedição - Soyuz MS-12 (14/03/2019)



Cosmonauta Oleg Kononenko atualizou os detectores de fumaça da ISS e instalou equipamentos no módulo europeu Colombo



Crew Dragon conclui docagem automática na Estação Espacial Internacional.



Tripulação realiza estudos de saúde: efeitos do espaço na mente e no coração.



Missão demo-1 acopla com sucesso nave Crew Dragon sem tripulação na ISS.



Prêmio Quíron de Astronomia

O Quíron é uma premiação inédita cuja regra será pontuar todas as atividades, registros observacionais e participações em mobilizações pelas instituições astronômicas brasileiras.

O Quíron valorizará a produção do seu observatório, planetário, projeto ou clube de Astronomia. Aproveite as efemérides e fenômenos astronômicos de 2019 e participe!

VEJA REGULAMENTO EM

GæA



Um Tour pelo Sistema Solar

Os anéis de JÚPITER

Até 1979, pensava-se que Saturno fosse o único com anéis do sistema solar. Mas aí a Voyager 1, em uma única imagem, mostrou ao mundo um sistema tênue de anéis, que, mais tarde, revelou-se um conjunto composto por três partes. O anel principal tem cerca de 7.000 quilômetros de largura e apresenta uma borda externa abrupta a 129 mil quilômetros do centro do planeta.

O anel principal abrange as órbitas de duas luas menores, Adrastea e Metis, que podem atuar como fonte da poeira que compõe grande parte do anel. Em sua borda interna o anel principal se mescla gradualmente ao halo. O halo é uma tênue e ampla saliência de material com cerca de 20 mil quilômetros de espessura e que se estende da metade do anel principal até o topo de

nuvens do planeta. Do lado externo do anel principal se encontra o amplo e cada vez mais tênue anel de gaze, que se estende além da órbita da lua Amaltea.

Diferentemente dos intrincados e complexos padrões do anel de Saturno, Júpiter tem um único anel que é quase uniforme em sua estrutura.

Ele provavelmente é



Características dos anéis de Júpiter

Nome	Distância*	Largura	Espessura	Massa	Albedo
Gase	129.200 km	850.000 km	?	?	0,5
Halo	100.000 km	22.800 km	0,1 km	20.000 kg	0,05
Principal	122.800 km	6.400 km	0,1 km	10^{23} kg	0,05

*A distância é medida do centro do planeta até o início do anel.

composto de partículas de poeira com menos de 10 microns de diâmetro -cerca do tamanho das partículas da fumaça do cigarro. Ele se estende até um limite externo de cerca de 129 mil quilômetros do centro do planeta e interno de cerca de 30 mil quilômetros. A origem do anel é provavelmente o bombardeio de micrometeoros contra as

luas minúsculas que orbitam dentro do anel.

Os anéis e luas de Júpiter existem dentro de um intenso cinturão de radiação de elétrons e íons presos no campo magnético do planeta. Essas partículas e campos formam a magnetosfera joviana ou ambiente magnético, que se estende de 3 milhões a 7 milhões de quilômetros na

direção do Sol e em uma forma de biruta de vento pelo menos até a órbita de Saturno -uma distância de 750 milhões de quilômetros.

A sonda Juno, que atualmente orbita o planeta, deverá nos trazer novidades.

Referências : NASA

<https://solarsystem.nasa.gov/planets/jupiter/overview/>



Grupo Centauro de Astronomia Amadora
Dois Vizinhos - Maringá (PR)

Há 13 Anos

*divulgando a beleza do Universo
revelada pela Ciência*



www.grupocentauro.org

As contribuições da **ASTRONOMIA**

Fernando Bortotti

fernando_bortotti@hotmail.com

Qual a importância da astronomia? Esta é uma pergunta que passa na cabeça de muitas pessoas. Este ensaio pretende tratar de alguns motivos que tornam esta ciência tão importante para o nosso desenvolvimento intelectual, social e cultural. A astronomia esteve muito bem enraizada nas diferentes culturas, já que é considerada a mais antiga das Ciências, pois desde os primórdios a espécie humana vem acompanhando o movimento dos corpos celestes, dando-lhes nomes (tanto para objetos celestes,

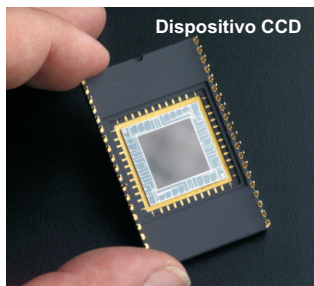
quanto para fenômenos), achando padrões e procurando explicações para a configuração do céu, as quais começaram com explicações de origem divina. Assim muitas culturas identificavam objetos celestes com seus deuses, além de tomar os seus movimentos no céu como profecias sobre o que estava por vir. Tomemos, por exemplo, os nomes das constelações: Andrômeda, a donzela acorrentada da mitologia grega, ou Perseu, o semideus que a salvou. Também a astronomia era usada para razões mais práticas, como por exemplo, calendários, marcar estações do ano, no cultivo da agricultura, saber o período

das cheias de rios, na navegação, etc. Mas com o desenvolvimento do estudo da mecânica celeste a visão mística foi perdendo espaço para as explicações científicas, que se mostraram verdadeiras aproximações da realidade, e foram evoluindo com o passar do tempo (devido ao conhecimento já estabelecido e a novas tecnologias). Vale apenas salientar que foi através da astronomia que os cientistas chegaram à conclusão de que existem leis inelutáveis (mas isso não foi da noite para o dia, levou vários séculos de estudos e dedicação, tivemos nesse tempo vários personagens), sendo ela que motivou o

espírito capaz de compreender de fato a Natureza. Dessa forma podemos comandar a Natureza, uma vez que descobrindo as suas leis e os seus segredos.

Em um nível mais premente, a astronomia nos ajuda a estudar a forma de prolongar a sobrevivência de nossa espécie. Por exemplo, é fundamental estudar a influência do Sol no clima da Terra, como no tempo, na temperatura, etc. Além disso, o mapeamento do movimento de todos os objetos do nosso Sistema Solar, que nos permite prever as ameaças potenciais ao nosso planeta. Tais eventos podem causar grandes mudanças para o nosso mundo, como foi claramente demonstrado pelo impacto de um meteorito em Chelyabinsk, na Rússia, em 2013.

Agora na sociedade moderna a Astronomia colaborou com todo o desenvolvimento tecnológico, tanto na área da saúde, quanto nas engenharias. Alguns dos



Dispositivo CCD



Equipamento de tomografia por emissão de pósitrons

exemplos mais úteis são os avanços em imagem e comunicação. Por exemplo, o Kodak Technical Pan é amplamente utilizado em espectroscopia e nas industriais, sendo originalmente criado para gravar as mudanças na estrutura da superfície do sol. Os CCDs, foram utilizados pela primeira vez em astronomia em 1976. Dentro de poucos anos, eles tinham substituído o filme não só em telescópios, mas também em muitas câmeras pessoais. A melhoria e a popularidade dos CCDs é atribuída à decisão da NASA para usar a tecnologia de supersensível CCD sobre o



Telescópio Espacial Hubble. Temos a criação do IDL que é utilizado para analisar amostras de núcleo ao redor campos de petróleo, bem como para a pesquisa de petróleo em geral. Na medicina temos a técnica de síntese de abertura, desenvolvido pelo astrônomo de rádio e ganhador do Prêmio Nobel, Martin Ryle. Esta tecnologia é utilizada em tomografia computadorizada, ressonância magnética, tomografia por emissão de pósitrons (PET) e muitas outras ferramentas de imagem médica. Junto com estas técnicas de imagem, a astronomia desenvolveu muitas linguagens de programação que fazem processamento de imagem muito mais fácil, especificamente IDL e IRAF. Essas línguas são amplamente utilizadas para aplicações médicas. Também temos o desenvolvimento a

rede local sem fio (WLAN). Em 1977, John O'Sullivan desenvolveu um método para melhorar as imagens a partir de um telescópio de rádio. Este mesmo método foi aplicado a sinais de rádio em geral, especialmente para aqueles que se dedicam ao fortalecimento de redes de computadores, que agora é parte integrante de todas as implementações de WLAN.

Um espectrômetro de raios gama originalmente usado para analisar o solo lunar é agora utilizado como uma forma não-invasiva para sondar enfraquecimento estrutural de edifícios históricos ou de olhar para trás mosaicos frágeis. Além de vários softwares para processamento de imagens, ainda temos painéis solares, micro laser, computadores pessoais, satélites de comunicação, telemóveis, Sistema de Posicionamento Global (GPS) e tantas outras tecnologias criadas para a astronomia que depois passou a ser de uso popular. Observamos que principalmente na antiguidade a astronomia era algo mais prático, foi necessário seu desenvolvimento para a humanidade se desenvolver como sociedade. Mesmo após todas essas aplicações ainda há aqueles que não



Henry Poincaré

entendem a importância da Astronomia em nossa vida. E o que há de mais importante ou o mais belo da Astronomia não está nas aplicações apenas e sim no simples fato de observar o céu, ver como somos pequenos para o universo, ou pensar sobre a nossa origem cósmica, que vem da poeira das estrelas. É essa visão, muitas vezes esquecida, que o matemático Henri Poincaré em seu livro "O Valor da Ciência (1904)" escreve de forma brilhante sobre a Astronomia. Vale a pena finalizarmos com um trecho

deste seu livro, onde ele diz que a Astronomia "é útil porque nos eleva acima de nós mesmos; é útil porque é grande, é útil porque é bela; isso é o que se precisa dizer. É ela que nos mostra o quanto o homem é pequeno no corpo e o quanto é grande no espírito, já que nesta imensidão resplandecente, onde seu corpo não passa de um ponto obscuro, sua inteligência pode abarcar inteira, e dela fluir a silenciosa harmonia. Atingimos assim a consciência de nossa força, e isso é uma coisa pela qual jamais pagaríamos caro demais, porque essa consciência nos torna mais fortes".

Fernando Bortotti é astrônomo amador, professor e graduando em Física pela UEM

Bibliografia

Astronomia e educação:
Rodolpho Caniato.

Why is Astronomy Important?:

Marissa Rosenberg, Pedro Russo,
Georgia Bladon, Lars Lindberg
Christensen



Cápsula Crew Dragon, da empresa
aeroespacial SpaceX, é lançada
com sucesso em seu primeiro teste
não tripulado para a Estação
Espacial Internacional.



Origem da Vida

sob uma perspectiva

CÓSMICA

Wilson Guerra

wilsonguerra@gmail.com

A Vida começou na Terra há cerca de 3,5 bilhões de anos. Sua origem é talvez uma questão tão antiga quanto a humanidade. De mitologias e metáforas, seu surgimento passou a ser problematizado de modo mais racional na Grécia Clássica. Para Aristóteles a Vida se gerava espontaneamente na Natureza. Girinos e crocodilhos viriam do lodo dos pântanos. Vermes se originariam da matéria morta putrefada. Chegou-se a "receitar" como se fabricar ratos: trapos sujos e com suor, jogados em locais úmidos com trigo. Depois de algum tempo os ratos surgiriam. Era a hipótese da Geração Espontânea, ou

Abiogênese. Claro que essa "receita" é que atraía os ratos. Bem depois, experimentos como os de Luis de Pasteur e outros demonstraram que a vida continua da vida pré-existente.

Apenas na segunda metade do século XX que cientistas de diferentes áreas uniram esforços para começar a resolver essa complexa questão, que separados não conseguiriam avançar. Surge a disciplina hoje universalmente denominada Astrobiologia, que estuda a Origem e a distribuição da Vida no Universo sob uma complexidade de fatores.

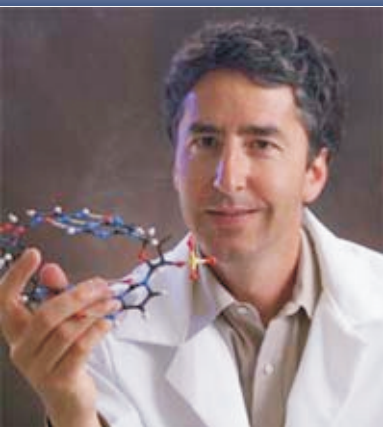
De 1970 para cá muito se avançou sobre as questões do surgimento da Vida. Mas

ainda há muito trabalho a fazer. Este artigo discorrerá brevemente sobre a atual compreensão científica da origem da Vida em uma perspectiva cósmica.

O QUE É VIDA?

A definição de Vida não é algo trivial, e ainda não está fechada na Biologia. Algumas propostas de Vida se aplicam melhor a alguns grupos, outras propostas a outros grupos, de modo que, para abranger toda a complexidade da Vida na Terra é necessário lançar mão de várias definições ao mesmo tempo.

De qualquer forma, uma proposta de Vida bastante interessante foi feita pelo Químico Orgânico e



A definição de Vida do Dr. Gerald Joyce foi adotada pelo programa de pesquisa de Astrobiologia da Nasa.

Bioquímico da Nasa, Gerald Joyce. Ele elaborou a seguinte definição:

"Vida é um sistema químico autossustentado capaz de sofrer evolução darwiniana"

É uma definição muito genérica, mas se ajusta razoavelmente bem para a Vida como conhecemos. Se algum dia os astrobiólogos encontrarem formas de vida bioquimicamente diferentes da nossa em algum outro ponto do Universo, então talvez conseguiremos uma definição realmente universal para a Vida. A atual dificuldade vem justamente do fato de conhecermos um único tipo de vida: a da Terra.

A QUÍMICA DA VIDA

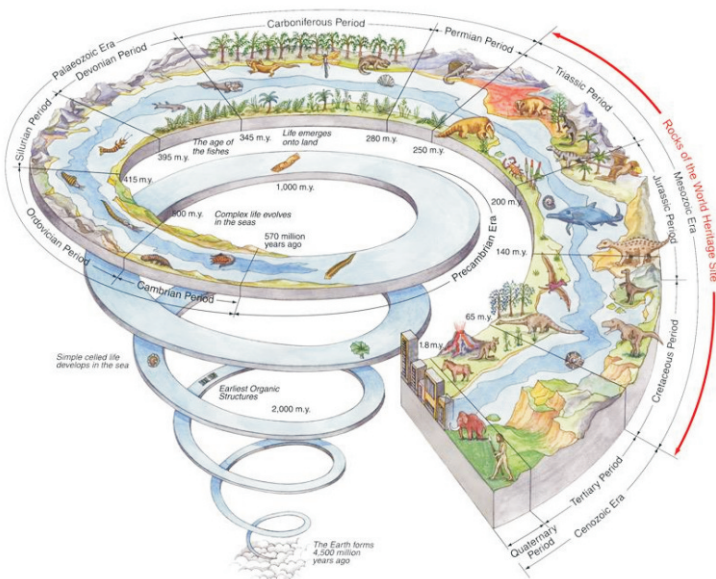
Este sistema químico autossustentado que

denominamos Vida precisa de água líquida e moléculas orgânicas complexas: carboidratos, ácidos nucleicos, aminoácidos e lipídios. Todas essas moléculas biológicas são compostas dos mesmos elementos: os CHONPS - carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S). Outros elementos são encontrados em menores quantidades, para funções específicas em diferentes organismos, mas os CHONPS são comuns a toda a Vida. Eis uma questão: qual a origem destes elementos químicos?

ASTROQUÍMICA

A química das estrelas

O universo é 99% feito de hidrogênio, o elemento químico mais simples. Sua forma isotópica mas abundante tem um próton no núcleo e um elétron na eletrosfera. Nuvens de hidrogênio no universo começaram a se comprimir devido a gravidade, tal como ocorreu com a nebulosa de gás e poeira que deu origem ao nosso Sistema Solar. Mas diferente de nosso sistema, nuvens de hidrogênio não conseguem formar planetas, pois só há nela, claro, hidrogênio. Desta forma



A espiral da Vida

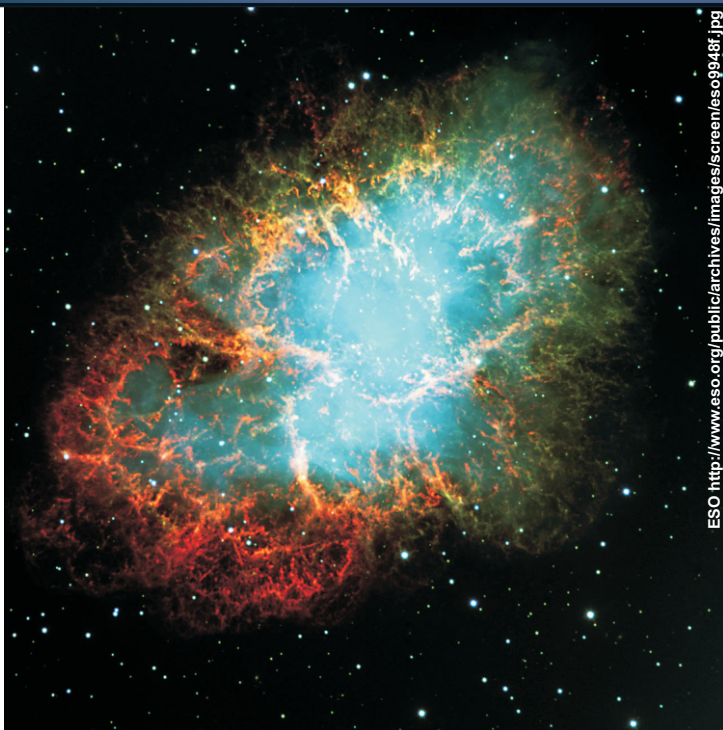
A Terra se formou há cerca de 4,56 bilhões de anos. Cerca de um bilhão de anos depois a Vida surgiu em nosso planeta.

apenas estrelas podem surgir da compactação gravitacional de nuvens de hidrogênio.

Quando a região central da nuvem se torna suficientemente densa, compacta e aquecida, os núcleos de hidrogênio conseguem se colidir. Por uma sucessão de reações, 4 núcleos de hidrogênio se fundem e formam um núcleo de hélio (composto de 2 prótons e 2 nêutrons). Este processo é chamado Fusão Termonuclear. No momento que isto acontece, surge uma estrela. Muita energia é liberada e essa é a fonte da luz das estrelas.

Conforme o hidrogênio é consumido na fusão nuclear, outros núcleos entram no processo. Assim começaram a formar-se núcleos de elementos mais pesados: lítio, carbono, nitrogênio, oxigênio... Uma estrela suficientemente grande consegue sintetizar até o núcleo do átomo de ferro. A partir de então uma série de eventos drástico se espalham pela estrela, culminando em uma colossal explosão denominada *Supernova*. Na iminência desta explosão, os elementos mais pesados que encontramos na tabela periódica são sintetizados.

Na explosão, a supernova



Em 1054 astrônomos chineses registraram o aparecimento súbito de uma estrela muito brilhante. Era uma explosão estelar. Ao observar com telescópios de hoje a região por eles registradas, vemos o resultado desta explosão: uma nebulosa.

então ejeta para o espaço todos esses elementos químicos criados no interior da estrela. É desta forma que o universo fornece os CHONPS para a Vida. Esta é a razão do astrobiólogo Carl Sagan dizer que somos todos *poeira das estrelas*.

Mas a Vida não é apenas átomos de CHONPS isolados. É necessário que estes elementos se agrupem para formar moléculas de água e de várias matérias orgânicas complexas.

NUVENS MOLECULARES

As nuvens moleculares estão distribuídas pelo espaço interestelar. Elas são enriquecidas quimicamente com os elementos sintetizados nas estrelas, jogados ao espaço pelas supernovas.

A matéria nestas nebulosas encontra-se em uma densidade um pouco maior que o espaço interestelar, que é de cerca de 1 átomo por cm^3 . Assim uma



Os dados coletados pela ocasião da passagem do cometa Halley em 1986 e do cometa Wild-2 em 2004 mostram que cometas carregam grande quantidade de água e de compostos químicos orgânicos. Atualmente estão sendo estudados dados enviados pela sonda Rosetta e o pousador Philae, que investigaram o núcleo do cometa Churyumov-Gerasimenko.

"reunião" de átomos se torna mais viável nas nebulosas. Várias reações químicas começam a ocorrer e moléculas de substâncias um pouco mais complexas se formam.

Análises espectroscópicas, ou seja, feitas a partir da luz e da radia  o emitida pelas nebulosas interestelares, mostram uma grande

riqueza molecular de substâncias químicas nestas nuvens (tabela 1).

O Sistema Solar formou-se da condens  o de uma nuvem molecular desse tipo. Portanto algumas destas substâncias já estavam na Terra desde sua forma  o. Outras vieram de cometas, asteroides e meteoritos que, ao cruzarem regiões

internas e externas do Sistema Solar, trouxeram mais substâncias de maior complexidade para o nosso planeta.

Sabe-se que praticamente toda a água existente em nosso planeta veio de fora. Análises feitas por sondas na matéria das caudas dos cometas Halley e Wild revelaram a presença de muitas substâncias orgânicas complexas, além da   gua. Também foram detectadas algumas pirimidinas, dentre elas a adenina, que é uma das bases nitrogenadas que compõe nada menos que o nosso DNA!

Recentemente o pouso da sonda Philae, da ESA, no núcleo do cometa Churyumov-Gerasimenko poderá nos detalhar muito mais sobre a riqueza química que os cometas carregam e sua contribui  o com a chegada de matéria orgânica na Terra primitiva.

Número de átomos												
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13		
H ₂	C ₃	c-C ₃ H	C ₅	C ₆ H	C ₆ H	CH ₃ C ₃ N	CH ₃ C ₄ H	CH ₃ C ₃ N?	HC ₉ N	HC ₁₁ N		
AlF	C ₃ H	I-C ₃ H	C ₄ H	I-H ₂ C ₄	CH ₂ CHCN	HCOOCH ₃	CH ₃ CH ₂ CN	(CH ₃) ₂ CO				
AlCl	C ₃ O	C ₃ N	C ₄ Si	C ₂ H ₄	CH ₃ C ₂ H	CH ₃ COOH?	(CH ₃) ₂ O	NH ₂ CH ₂ COOH?				
C ₂	C ₂ S	C ₃ O	I-C ₃ H ₂	CH ₃ CN	HC ₂ N	C ₇ H	CH ₃ CH ₂ OH					
CH	CH ₂	C ₃ S	c-C ₃ H ₂	CH ₃ NC	HCOCH ₃	H ₂ C ₆	HC ₇ N					
CH ⁺	HCN	C ₂ H ₂	CH ₂ CN	CH ₃ OH	NH ₂ CH ₃	c-C ₂ H ₄ O	C ₈ H					
CN	HCO	CH ₂ D ⁺⁺	CH ₄	CH ₃ SH	c-C ₂ H ₄ O							
CO	HCO ⁺	HCCN	HC ₂ N	HC ₂ NH ⁺								
CO ⁺	HCS ⁺	HCNH ⁺	HC ₂ NC	HC ₂ CHO								
CP	HOC ⁺	HNCO	HCOOH	NH ₂ CHO								
CSi	H ₂ O	HNCS	H ₂ CHN	C ₂ N								
HCl	H ₂ S	HOCO ⁺	H ₂ C ₂ O									
KCl	HNC	H ₂ CO	H ₂ NCN									
NH	HNO	H ₂ CN	HNC ₃									
NO	MgCN	H ₂ CS	SiH ₄									
NS	MgNC	H ₃ O ⁺	H ₂ COH ⁺									
NaCl	N ₂ H ⁺	NH ₃										
OH	N ₂ O	SiC ₃										
PN	NaCN											
SO	OCS											
SO ⁺	SO ₂											
SiN	c-SiC ₂											
SiO	CO ₂											
SiS	NH ₂											
CS	H ₃ ⁺											
HF												

Tabela 1 - Moléculas interestelares e circunstelares - Shaw, Astrochemistry

QUÍMICA PRÉ-BIÓTICA

Aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, carboidratos, são compostos orgânicos complexos essenciais para a Vida na Terra. A síntese destes compostos antes da existência da Vida é o que se conhece em Astrobiologia como *Química Pré-Biótica*.

Química Pré-Biótica na Terra

A densidade de matéria na Terra é bem maior que nas nuvens interestelares. Isso significa que os "encontros" de átomos e moléculas é muito mais frequente. Reações químicas que poderiam levar milhões de anos nas nuvens interestelares ocorrem a todo momento aqui na Terra. Significa que a síntese de substâncias orgânicas importantes para a existência da Vida ocorre muito mais rapidamente no ar e nos mares de nosso planeta do que no meio interestelar, possibilitando a formação de compostos orgânicos de maior complexidade.

O experimento de Miller

Na década de 1960 Stanley Miller conseguiu sintetizar em laboratório uma série de compostos orgânicos complexos a partir de



Descargas elétricas são comuns nas plumas vulcânicas, geradas pelas cinzas expelidas que se eletrizam no atrito com o vento. Estas descargas são a fonte de energia para a síntese de compostos orgânicos a partir de substâncias mais simples presentes na atmosfera e no material oriundo do vulcanismo.

substâncias simples. Colocando em prática propostas do pesquisador soviético Alexander Oparin e do britânico John Haldane, ele introduziu num bulbo de vidro gases que supôs representar a atmosfera primitiva da Terra: amônia,

metano, hidrogênio molecular, vapor de água, entre outros. Eletrodos simulavam descargas elétricas de raios (figura 1). O sistema foi mantido assim, a 100° C, durante uma semana. A análise do material resultante que se formou revelou vários compostos orgânicos complexos, como aminoácidos, lipídios e açúcares.

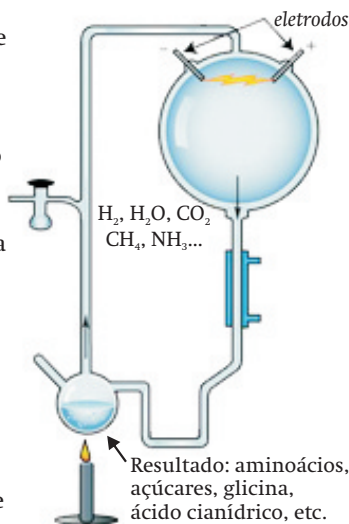
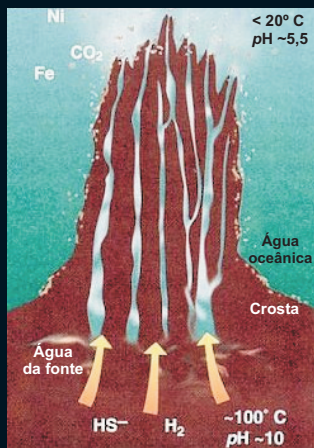


Figura 1 - Representação esquemática do experimento de Miller

Atualmente sabe-se que as moléculas usadas por Miller para simular a atmosfera primitiva da Terra foram demasiado redutoras (muitos compostos hidrogenados). Mas seu mérito foi mostrar experimentalmente que a partir de compostos simples é possível sintetizar substâncias orgânicas complexas.

Hoje se sabe que nas plumas vulcânicas ocorrem sínteses



As propriedades da água nas condições das fontes geotérmicas submarinas possibilita síntese de complexos compostos orgânicos, tendo assim um papel importante para a origem da Vida na Terra. Observações mostram que formas de vida simples são encontradas próximas destas fontes. Conforme as observações se afastam, vida diversificada passa a ser encontrada. Isto indica que a Vida pode ter surgido nestes locais, para depois se adaptar e espalhar em outros ambientes. A origem da Vida talvez tenha sido extremófila.

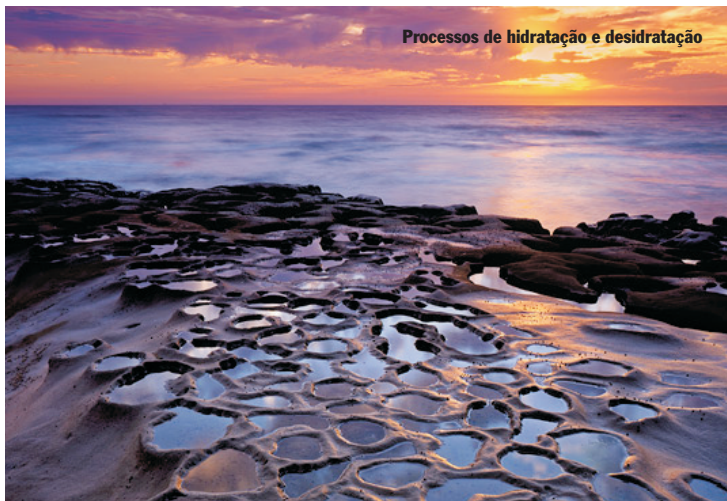
de matéria orgânica cujo mecanismo é muito parecido com o proposto por Miller. Muitos compostos orgânicos complexos podem ter sido sintetizados no passado por este processo.

Fontes geotérmicas submarinas

Muito calor originado da atividade geotérmica está presente nas fontes termais do solo oceânico. Associada a estas altas temperaturas estão as grandes pressões, que fazem aquelas águas profundas possuírem novas propriedades químicas, como a de ser solvente de substâncias orgânicas. Desta forma as fontes geotérmicas submarinas poder ser fábricas de compostos orgânicos complexos. Experimentos de laboratório que simulam as condições do ambiente destas fontes têm corroborado a proposta. Especula-se se fontes geotérmicas como estas existem nos fundos oceânicos de Europa, lua de Júpiter. Se sim, reações pré-bióticas poderiam ocorrer por lá.

Ciclos de hidratação e desidratação

Polimerização é o nome do processo onde várias moléculas iguais, os monômeros, se combinam em moléculas muito maiores, os polímeros. Esse tipo de reação ocorre nos ciclos de hidratação e desidratação, poças que molham e secam sucessivamente. As marés trazem águas com compostos orgânicos ao solo. Camadas de argila podem atuar para organizar a disposição dessas moléculas menores (monômeros). Em um determinado momento a ligação entre os monômeros acontece, formando polímeros orgânicos. Este processo contribuiu com a síntese de muita matéria orgânica complexa, necessária para a Vida.



UNIDADE DA VIDA

Com a matéria orgânica complexa disponibilizada pela Química Pré-Biótica a Vida pôde surgir. Mas essa vida precisa de uma unidade mínima para se manter: a célula.

Toda célula tem três estruturas básicas: membrana, metabolismo, e material genético.

Membrana:

compartimento que garante os processos bioquímicos, mantendo concentrações químicas e selecionando substâncias que entram e saem da célula.

O surgimento de uma membrana foi sugerida pelo pesquisador Alexander Oparin, ainda na década de 1950. Ele propôs que os coacervados (figura 2), estruturas que se formam na água espontaneamente,

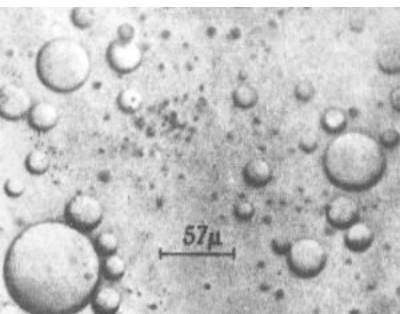
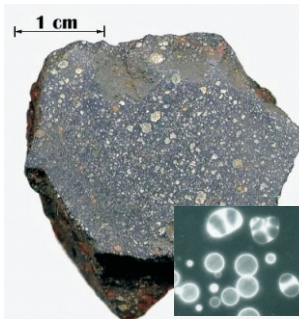
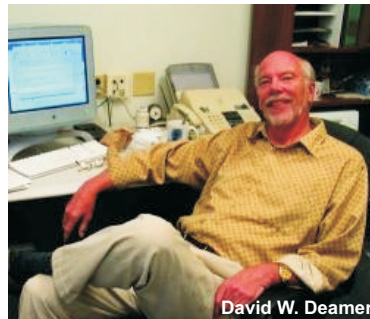


Figura 2 - Coacervados: Oparin sugeriu que a origem de uma membrana celular primitiva poderia estar relacionada com estas estruturas.



David Deamer usou uma amostra de compostos simples: água, metanol, amoníaco, monóxido de carbono, todos presentes no meio interplanetário. Depois a irradiou com ultravioleta, simulando as condições do meteorito de Murchinson enquanto esteve no espaço. Os compostos resultantes, que incluíam até moléculas anfifílicas, foram jogados na água. As estruturas vesiculares se formaram espontaneamente.



David W. Deamer

pudessem desempenhar o papel de uma membrana celular primitiva. Oparin chegou a demonstrar a formação de coacervados, mas usou matéria orgânica da goma arábica, derivada de formas vivas. Se queremos conhecer como a Vida surgiu, precisamos realizar experimentos usando matéria que não tenha origem de outros seres vivos. De qualquer forma o mérito da proposta de Oparin foi demonstrar que alguns compostos orgânicos podem se conformar espontaneamente em estruturas que lembram a membrana de uma célula.

Em 1999 o pesquisador da Nasa David Deamer realizou um experimento crucial. Sabia-se que a matéria orgânica contida no meteorito de Murchinson

(Austrália), quando jogada em água, formava espontaneamente estruturas vesiculares. Este meteorito é rico em substâncias orgânicas formadas no meio interplanetário. Deamer sintetizou esses compostos em laboratório simulando as condições do espaço. Ao diluí-las na água notou a formação das vesículas, que podem atuar como uma membrana celular primitiva.

As membranas celulares modernas são muito mais complexas. Compostas por uma bicamada lipídica, possuem altas propriedades de seletividade química. Isso é devido aos bilhões de anos de Evolução. Mas para uma membrana celular primitiva, originada por processos inteiramente abióticos, o experimento de Deamer parecem esclarecer bastante a questão.

Metabolismo:

atividade que garante energia para realizar manutenção e reparos na estrutura celular.

Há várias propostas de um metabolismo primitivo que poderia ter sido a fonte de energia para as primeiras formas de vida na Terra. Uma delas é do químico alemão Günter

Wächtershäuser. Günter sugere um "metabolismo de superfície", onde reações ocorridas na água do mar com sais de ferro resultem em elétrons livres depositados na superfície de um mineral também formado no processo e chamado de *pirita* (veja detalhes na figura 3). Estes elétrons livres constituem energia disponível que poderia ser usada pela Vida.

A reação é simples e é corroborada por testes de laboratório.

Material genético:

um *banco de dados* que armazena informações

necessárias para permitir, por exemplo, que a célula se construa e se reproduza. É muito difícil que o DNA moderno tenha se formado já nos primeiros seres vivos, devido ao seu alto grau de complexidade.

Mas um material genético primitivo poderia ter sido um RNA simples, que é uma molécula bem menor. O RNA além de armazenar informação pode desempenhar também função biológica (síntese de proteínas de função estrutural, de enzimas etc).

Com as águas oceânicas ricas em matéria resultante da química pré-biótica, um RNA primitivo, ou um proto-RNA surgiu nesta "sopa orgânica" dos mares primordiais. Com o tempo, a competição por material orgânico levou a um darwinismo químico. Assim essa molécula se diversificou e especializou, dando origem ao DNA (responsável pela informação) e às proteínas (responsável por

função biológica). Essa teoria é conhecida como **Mundo de RNA**. Todavia há muitas questões a serem respondidas e esse modelo ainda demanda muita pesquisa na área.

A VIDA EM UMA CÉLULA

Como uma versão primitiva de membrana, material genético e metabolismo se uniram para formar as primeiras células vivas na Terra ainda é uma incógnita. Mas alguns estudos já apontam caminhos. A Biologia Sintética é um deles.

Em 2010 Craig Venter e sua equipe anunciaram o primeiro DNA sintético da História. A equipe de Venter conseguiu sintetizar um DNA com as funções mínimas necessárias para o funcionamento celular. Esse DNA 100% sintético foi então injetado em uma célula já existente, cujo material genético original havia sido removido. Dentro de um tempo a célula começou a realizar suas atividades e a se reproduzir normalmente.

O desenvolvimento da Biologia Sintética pode contribuir sobre como se deu a formação da Vida primitiva na Terra. Mas ainda há pesquisa a se fazer.

Figura 3

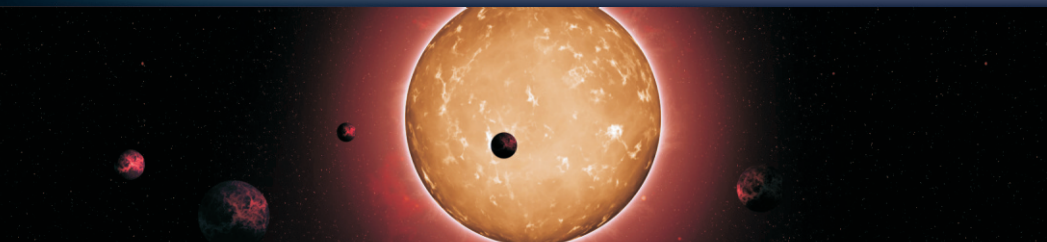
Günter demonstrou a seguinte reação:



Os elétrons disponíveis pela formação da pirita podem ser usados na produção do ácido succínico. Este se deposita na superfície da pirita, carregada positivamente, sofrendo novas reações e produzindo moléculas de maior complexidade. Eis um modelo de metabolismo de superfície autotrófico primitivo.



Pirita (FeS₂)



Representação artística do sistema Kepler-444. Sua estrela tem 11 bilhões de anos e abriga cinco planetas rochosos.

VIDA NO UNIVERSO

A Astrobiologia tem mostrado que a Vida pode ser mais comum do que pensávamos. Nada impede que a Química Pré-Biótica ocorra em outros lugares. Afinal as moléculas básicas para a Vida na Terra estão presente no espaço interestelar.

Estudos sobre planetas extrassolares e simulações computacionais envolvendo a evolução química das estrelas levam a inferir que a Vida pode ter surgido e se desenvolvido há cerca de 11 bilhões de anos no Universo, podendo estar presente em outras galáxias. Na Terra as evidências apontam que a Vida iniciou-se há "apenas" 3,5 bilhões de anos. Isto significa que o Universo pode conter vida 7,5 bilhões

de anos mais antiga que a nossa.

Já foram detectados milhares de exoplanetas, planetas que pertencem a outros sistemas. Isso porque somente nossa "vizinhança galáctica" foi estudada, num raio de apenas algumas centenas de anos-luz de distância (só nossa Galáxia tem 100.000 anos-luz de diâmetro!). Dezenas destes planetas são potencialmente habitáveis: são rochosos e parecem orbitar suas estrelas na zona habitável. A zona habitável é a região em torno da estrela onde as temperaturas são amenas, permitindo a existência de água no estado líquido. E a água no estado líquido é condição fundamental para o desenvolvimento da Vida como conhecemos. Alguns destes planetas orbitam

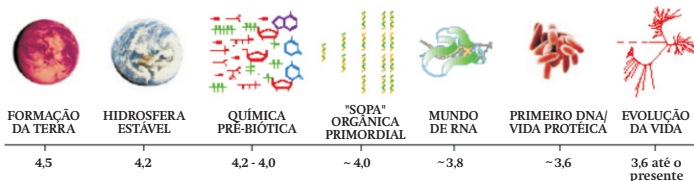
estrelas mais antigas que nosso Sol. Recentemente o telescópio espacial Kepler detectou muitos planetas rochosos em torno da estrela laranja Kepler-444. Esta estrela tem idade estimada de 11 bilhões de anos! Teria a Vida surgido em planetas como esses? Se sim, em que patamar estaria depois de, provavelmente, o dobro do tempo de Evolução da Vida na Terra? São questões válidas. Longe de serem ficção, são totalmente plausíveis pelo nosso atual conhecimento científico.

Wilson Guerra é professor. Graduiu-se em Física (UEM), tem especialização em Astrobiologia (UEL) e atualmente é mestrando em Educação Científica.

Referências:

- Astronomia e Astrofísica - OLIVEIRA, Kepler e SARAIVA, Fátima - 2013
- Nasa Astrobiology Institute: <http://astrobiology.nasa.gov/nai/>
- Origem da Vida - MAIA, Hernâni e DIAS, Ilda - 2012
- Quando a vida surgiu no universo? - Instituto Ciência Hoje - N. 381 - set/2014 - p.33 à p.38
- ZAIA, Dimas - Controvérsias sobre a Origem da Vida - 2007
- ZAIA, Dimas - Da Geração Espontânea à Química Pré-Biótica - 2003

Linha do tempo desde a formação da Terra até o dia presente



Cronologia dos eventos para a formação da Vida em bilhões de anos atrás



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/clubearturus



clubearcturus.wordpress.com



clubearcturus42@gmail.com



NETUNO: novidades sobre o GIGANTE AZUL

Beatriz Araujo

beatriz.araujo@aluno.ufabc.edu.br

O ano é 1989. Já há 22 anos longe de casa, a aventureira sonda espacial Voyager 2 adentra o território do frio e gigante planeta Netuno, o último do Sistema Solar. Ela é, até hoje, a única sonda espacial a visitá-lo de perto [1], conquista realizada antes de rumar em direção aos confins do Sistema Solar. Assim como a Terra é rodeada pela Lua, a maioria dos planetas também apresenta corpos celestes que rodopiam ao seu redor. Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno não estão sozinhos.

Hoje sabemos da existência de 14 luas de Netuno. As dividimos, inclusive, em

dois grupos: as luas internas (com órbitas internas à da lua Tritão) e as luas externas (com órbitas externas à da lua Tritão). Antes da aventura da Voyager 2 tínhamos conhecimento de três luas de Netuno: Tritão, Nereida e Larissa, todas encontradas com o auxílio indispensável de observatórios astronômicos e telescópios presos ao solo terrestre. Netuno, inclusive, só pode ser encontrado numa noite escura através de um desses equipamentos, não importando o quão boa seja a sua visão. Isso explica o porquê de termos negligenciado ele por tanto tempo durante a história da humanidade; sua descoberta ocorreu há menos de 200 anos atrás. Pouco depois da

primeira observação oficial do frio planeta azul, em 1846, foi constatado que ele não era um cavaleiro solitário nas profundezas do Sistema Solar. Rodopiando ao seu redor estava Tritão, sua exótica lua. No Sistema Solar é o maior e o único grande satélite natural com movimento retrógrado, que gira contrariamente à rotação de seu planeta [2]. Além disso, é o corpo planetário mais frio conhecido [1]. Nereida, descoberta em 1949, é uma das luas externas de Netuno e tem uma órbita super excêntrica, além de demorar 360 dias terrestres para dar uma volta em torno de seu planeta [3]. Já Larissa foi vista pela primeira vez em 1981, mas apenas

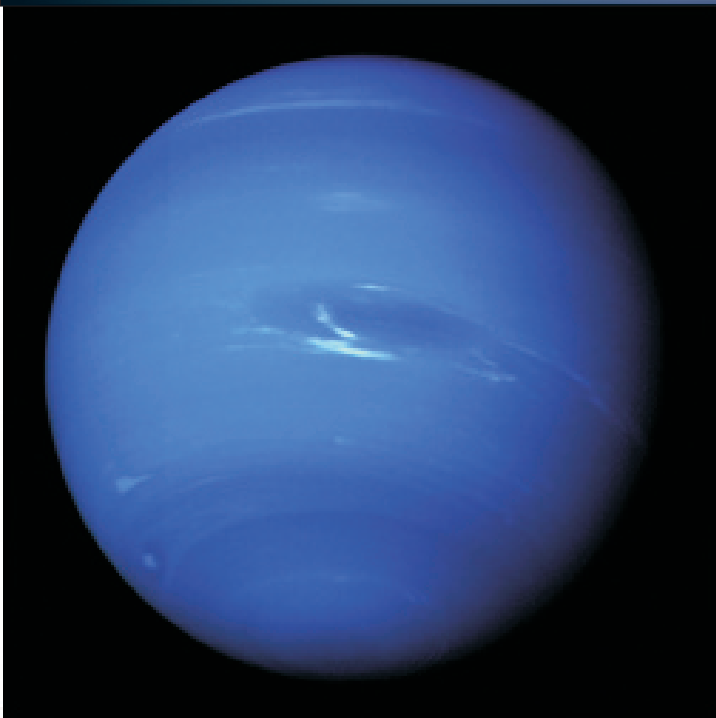


Figura 1: Netuno visto pela sonda espacial Voyager 2 (Crédito: NASA/JPL)

oficialmente descoberta em 1989 com a missão Voyager 2 [4].

A sonda espacial Voyager 2 está hoje no espaço interestelar e, assim como sua irmã Voyager 1, carrega consigo um disco de ouro com imagens, músicas, saudações e sons que representam a humanidade e foram escolhidos por um comitê presidido por Carl Sagan [5]. Para ciúmes de sua irmã, a Voyager 2 foi a única sonda a estudar de pertinho todos os quatro planetas gigantes do Sistema Solar: Júpiter, Saturno, Urano e

Netuno. Do último planeta descobriu cinco luas internas (Proteu, Náíade, Talassa, Galatea e Despina) e quatro anéis, além de ter capturado magníficas

imagens [6]. Depois da aventura da sonda, qualquer observação de Netuno e seu sistema ficou restrita ao uso de equipamentos em solo ou órbita terrestres. Entretanto, a tecnologia avançou muito desde os anos de 1970, principalmente no que se refere à obtenção e processamento de dados.

Em 2002 e 2003 cinco luas externas (Laomedeia, Halimede, Sao, Neso e Psámata) foram descobertas por observatórios terrestres [7], totalizando na época treze luas conhecidas de Netuno. Telescópios espaciais em órbita terrestre possuem a vantagem de evitar o obstáculo da atmosfera do nosso planeta que atrapalha a astronomia no espectro do visível. O famoso telescópio espacial Hubble, lançado em 1990, foi um avanço sem precedentes para a astronomia. Dentre diversas descobertas destacam-se as

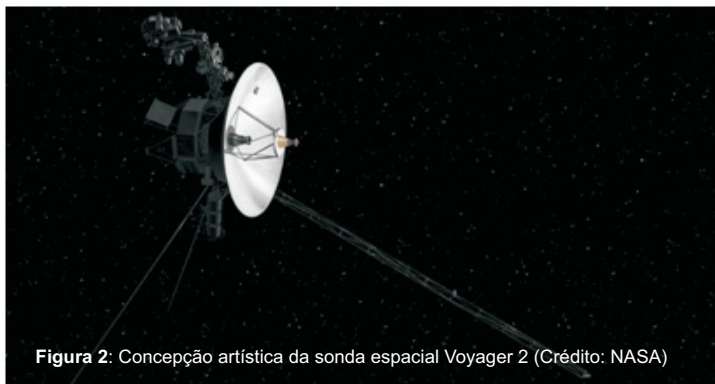


Figura 2: Concepção artística da sonda espacial Voyager 2 (Crédito: NASA)

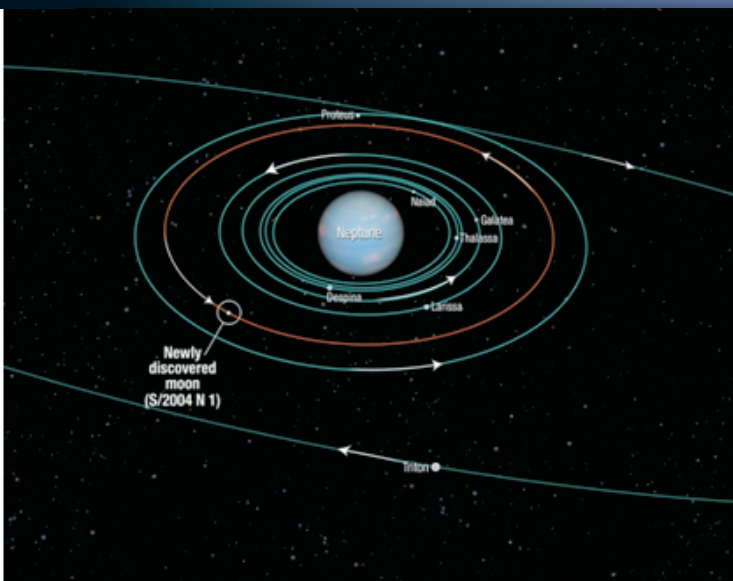


Figura 3: Sistema interno de luas de Netuno
(Crédito: NASA, ESA, e A. Feild (STScI))

imagens mais profundas já tiradas do universo e, além disso, ele também teve um papel importante no estudo de Netuno e seu sistema de satélites naturais.

A última lua descoberta de Netuno, S/2004 N 1 ou Hippocamp para os mais próximos, não é bem uma novidade. Ela foi encontrada a partir de uma reanálise de imagens do telescópio espacial Hubble obtidas em 2004-2005 e 2009, e sua existência foi confirmada a partir das imagens de 2016 [8]. Você pode estar se perguntando como que ninguém notou antes essa magnífica lua nas fotos. Bom, na Astronomia a

captura de imagens é bem mais complexa do que o que estamos acostumados. O nosso celular consegue captar e processar uma foto do jeito que precisamos quase que instantaneamente, mas ao apontarmos os nossos telescópios-câmeras para o céu nos deparamos com objetos longes e difíceis de observar. Muitas vezes os equipamentos passam horas e dias coletando os dados, e depois é preciso lançar mão de técnicas de processamento super refinadas. Só assim é possível encontrar, no meio de um mar de dados, algo de relevante. E claro, dependendo da técnica

utilizada, algumas coisas podem acabar passando despercebidas.

E como foi possível detectar a pequena Hippocamp? Pesquisadores desenvolveram um método de reprocessamento mais refinado das imagens do Hubble [8], capaz de trazer a tona informações que antes estavam escondidas entre ruídos e borões. Os mesmos truques foram também utilizados para a observação recente de Náíade, vista pela última vez em 1989. A descoberta de Hippocamp não acrescenta somente em número, mas também nos ajuda a entender melhor sobre a história do sistema de luas interno de Netuno. O 14^a satélite natural tem uma órbita um pouco mais próxima a Netuno do que Proteu, que tem 4.000 vezes o seu tamanho. Em sistemas nos quais um corpo orbita o outro acontece um fenômeno chamado de efeito de maré. Ocorre a tendência de que os corpos fiquem com os mesmos lados virados um para o outro, o que muda suas rotações individuais. É por isso que sempre vemos apenas uma face da nossa Lua! Uma consequência desse efeito é também o afastamento do corpo que está orbitando. Já ouviu falar que a Lua se afasta

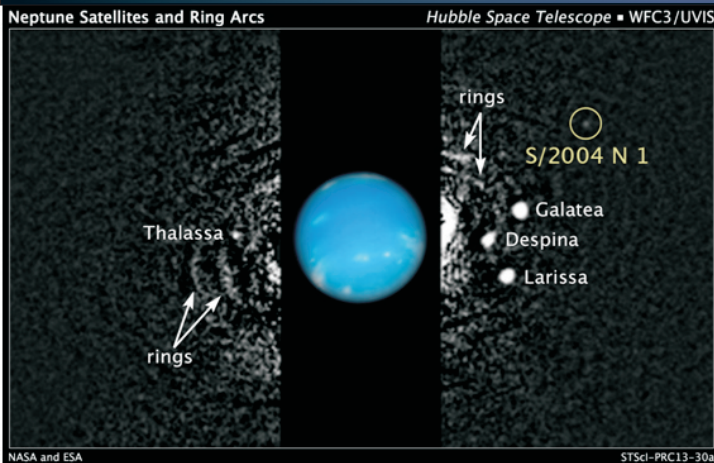


Figura 4: Satélites de Netuno e Anéis (Crédito: NASA/ESA)

aproximadamente 4 cm de nós a cada ano? Quanto maior o corpo, mais intenso será esse efeito. E isso acontece também com Proteu. No passado ele esteve mais próximo de Netuno e com o tempo migrou para órbitas mais afastadas. Como Hippocamp é bem pequena, sua órbita não deve hoje diferir muito de como era no passado. Nesse caso seria muito provável que Proteu, em seu trajeto de migração, houvesse capturado a pequena lua, “engolindo-a”. Como Hippocamp está sã e salva por aí, talvez ela não exista há tanto tempo assim e nem estivesse no mesmo local de hoje. Os pesquisadores têm uma forte hipótese: um grande impacto em Proteu (possivelmente o que gerou sua grande cratera Pharos)

haveria gerado fragmentos que se espalharam no espaço e entraram em órbita ao redor de Netuno [8]. Esse material então haveria se acumulado em órbitas internas à de Proteu e, olha só, dado origem a Hippocamp.

Uma coisa é certa: essa história é um exemplo de como foi relevante o papel de colisões e migrações orbitais para a formação do sistema interno de luas de Netuno, e ela também pode nos fazer refletir sobre o quanto ainda temos a descobrir sobre nossa vizinhança, e quem dirá sobre lugares mais longínquos do cosmos. Há pouco mais de 400 anos Galileu Galilei apontava sua luneta para Júpiter e descobria um sistema de quatro luas que contestava o

pensamento geocêntrico da época. Hoje já deixamos nossa marca para além do Sistema Solar e sonhamos com o que o futuro ainda nos reserva. A cada descoberta um novo mundo se abre a nossa frente.

Beatriz Araujo é graduada em Física pela UFABC e atualmente cursa Ciência da Computação na instituição. É membro-fundadora do Clube de Astronomia **Arcturus**.



Referências:

- [1] <https://solarsystem.nasa.gov/mission/s/voyager-2/in-depth/>
- [2] <https://solarsystem.nasa.gov/moons/neptune-moons/triton/in-depth/>
- [3] <https://solarsystem.nasa.gov/moons/neptune-moons/nerid/in-depth/>
- [4] <https://solarsystem.nasa.gov/moons/neptune-moons/larissa/in-depth/>
- [5] <https://voyager.jpl.nasa.gov/golden-record/whats-on-the-record/>
- [6] <https://solarsystem.nasa.gov/mission/s/voyager-2/in-depth/>
- [7] <https://www.space.com/22222-neptunes-moons.html>
- [8] M. R. Showalter, I. de Pater, J. J. Lissauer e R. S. French. The seventh inner moon of Neptune, Nature vol. 566, p. 350–353 (2019).



Academia de Ciências Naturais

Educação científica 24 horas por dia!
Biologia, Ecologia, Geologia, Astronomia,
Evolução, Genética e muito mais!

www.facebook.com/academiadecienciasnaturais



**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.



A astronomia e o tempo

Parte 1: Das cavernas à escrita cuneiforme

Maico Zorzan

maicozorzan@outlook.com

A Há cinco mil ou seis mil anos, quando os homens começaram a registrar o movimento dos astros, o firmamento estava ainda povoado por deuses e demónios. Os céus eram responsáveis pela miséria e pela prosperidade, pelo dilúvio e pela calma, pelo desvario da luta e pela sorte na caça.

Os primeiros astrônomos viviam num mundo de deuses, de monstros e de heróis. As suas observações conseguiram um notável rigor, mas estavam marcadas pelas suas crenças. Alguns

dos conceitos que criaram para descrever o movimento dos astros ainda hoje estão tingidos por essas crenças, apesar de terem entrado no mundo da ciência. Quem hoje fala em signos e em zodíaco pode fazê-lo por acreditar numa influência dos astros na vida dos homens, mas pode também referir esses termos na sua moderna aceção científica. Há o zodíaco dos astrólogos e o zodíaco dos astrônomos.

A separação da astronomia e da mitologia ocorreu ainda no tempo dos gregos. Embora muitos cidadãos helênicos acreditassem literalmente nas histórias mitológicas, a maioria dos

filósofos que refletiam sobre o cosmos não via os astros como entidades mitológicas, mas sim como elementos de um mundo envolvente.

A separação da astronomia e da astrologia ocorreu muito mais tarde, já nos séculos XVI e XVII. Apesar de muitos pensadores gregos rejeitarem a astrologia, o certo é que a crença nos astros como condicionantes do futuro humano persistiu ao longo de toda a antiguidade clássica e se manteve até ao fim do Renascimento, sendo determinante mesmo entre as pessoas cultas da época. Talvez tenha sido a grande polémica sobre o sistema

copernicano que Galileu despertou que tenha determinado o desprestígio da astrologia no mundo científico. Se a escolha entre os grandes sistemas do mundo podia e devia ser resolvida pela observação e pelo raciocínio, então os homens de ciência deviam rejeitar crenças astrológicas impossíveis de testar empiricamente ou discutir racionalmente.

Com a separação entre a astronomia, a mitologia e a astrologia, perdeu-se a ideia antiga da unidade do mundo e do homem. Mas essa perda é, afinal, a grande conquista moderna da separação entre fé, princípios morais e atividade científica. É essa separação que permite o grande desenvolvimento moderno da ciência e o pluralismo cultural. Em vez de lamentar a divisão do pensamento humano, será melhor saudá-la como uma grande conquista da Humanidade.

A História da Astronomia - Moldando a História Humana

Muitos eventos notáveis da história foram moldados por conjunções de estrelas e eventos astronômicos, como

a estrela (supernova) que guiou os magos até Belém. O Cometa de Halley sempre parece trazer medo, destruição e renascimento em seu rastro, o presságio da desgraça que causou mudanças sísmicas na história humana. A maioria das civilizações praticava a astronomia antiga, e ela permeou a cultura e a sociedade muito mais do que no mundo moderno, onde temos explicações convenientes para a complexidade e a severa e dura beleza do universo.

As pessoas tendem a julgar a astrologia pelos horóscopos genéricos mal escritos em jornais e sites da internet, mas, no tempo dos antigos, era uma verdadeira protociência. Praticantes astrológicos eram capazes de fazer medições meticulosas e previsões precisas sobre os movimentos das esferas celestes, ligando-os a um panteão de deuses e ao destino dos reis.

Os antigos astrólogos e astrônomos tornaram-se instrumentais no estabelecimento da medida do tempo; para o mundo moderno, com o estilo de vida agitado e horários, o tempo é apenas uma

conveniência. Para os antigos, onde as técnicas agrícolas de sucesso eram uma questão de vida ou morte, precisavam saber exatamente quando plantar e colher. A humanidade antiga seguiu os ciclos das estações e viveu perto dos ritmos naturais do planeta. Os místicos chineses e indianos deram sua contribuição à história da astronomia, mas os mesopotâmicos eram os mestres da antiga astronomia, com suas sofisticadas técnicas e observações transmitidas aos gregos.

Astronomia na idade da pedra

A Astronomia é a mais antiga das ciências. Descobertas arqueológicas têm fornecido evidências de observações astronômicas entre os povos pré-históricos. Desde a antiguidade, o céu vem sendo usado como mapa, calendário e relógio. Os registros astronômicos mais antigos datam de aproximadamente 3.000 a.C. e se devem aos chineses, babilônios, assírios e egípcios. Naquela época, os astros eram estudados com objetivos práticos, como medir a passagem do tempo (calendários), para prever a

melhor época para o plantio e a colheita, ou com objetivos mais relacionados à astrologia, como fazer previsões do futuro, já que acreditavam que os deuses do céu tinham o poder da colheita, da chuva e mesmo da vida.

Estudando os sítios megalíticos, tais como os de Callanish, na Escócia, o círculo de Stonehenge, na Inglaterra, que data de 2.500 a 1.700 a.C., e os alinhamentos de Carnac, na Bretanha, os astrônomos e arqueólogos, chegaram à conclusão de que os alinhamentos e círculos serviam como marcos indicadores de referências e importantes pontos do horizonte, como por exemplo as posições extremas do nascer e o caso do Sol e da Lua, no decorrer do ano. Esses monumentos megalíticos são autênticos observatórios destinados à previsão de eclipses na Idade da Pedra.

Mitologia das constelações

A maioria das culturas antigas via imagens nas estrelas do céu noturno. Os primeiros esforços conhecidos para catalogar as estrelas datam de textos

cuneiformes e artefatos que datam de aproximadamente 6000 anos. Esses remanescentes, encontrados no vale do rio Eufrates, sugerem que os antigos observadores do céu viram o leão, o touro e o escorpião nas estrelas. As constelações como as conhecemos hoje são, sem dúvida, muito diferentes das primeiras - nosso céu noturno é um compêndio de imagens de várias sociedades diferentes, antigas e modernas. De longe, porém, devemos a maior dívida à mitologia dos antigos gregos e romanos.

As primeiras referências ao significado mitológico das constelações gregas podem ser encontradas nas obras de Homero, que provavelmente datam do século VII a.C. Na *Iliada*, por exemplo, Homero descreve a criação do escudo de Aquiles pelo deus artesão Hefáisto.

Nela ele fez a terra, o céu e o mar, o sol e a lua sem desgaste, e todas as constelações que coroam os céus, Plêiades e Hades, o poderoso Orion e o Urso, que os homens também chamam pelo nome de Wain: ela roda no mesmo lugar e observa Orion, e é a única a não se banhar em

Ocean (*Iliada* XVIII 486-490).

Na época de Homero, no entanto, a maioria das constelações não estava associada a nenhum mito, herói ou deus em particular. Eles eram conhecidos simplesmente como os objetos ou animais que eles representavam - a Lira, por exemplo, ou o Carneiro. Por volta do século V a.C., no entanto, a maioria das constelações passou a ser associada a mitos, e os Catasterismi de Eratóstenes completaram a mitologização das estrelas. "Neste estágio, a fusão entre astronomia e mitologia é tão completa que nenhuma outra distinção é feita entre eles" - as estrelas não eram mais meramente identificadas com certos deuses ou heróis, mas na verdade eram percebidas como divinas (Seznec, 37-40).

Apesar das muitas menções das estrelas nos textos gregos e romanos primitivos, de longe o mais completo catálogo de estrelas dos tempos antigos pertence ao Ptolomeu Romano de Alexandria, que agrupou 1022 estrelas em 48 constelações durante o século 2 d.C. Embora o *Almagesto* de Ptolomeu não

inclua as constelações que só podem ser vistas do hemisfério sul, formam a base para a lista moderna de 88 constelações oficialmente designadas pela União Astronômica Internacional (Pasachoff, 134-135). A influência das culturas grega e romana pode ser claramente vista; os mitos por trás das constelações remontam à Grécia antiga, mas usamos seus nomes latinos.

Mesopotâmia, Pérsia e a História da Astronomia

Desde que o homem olhou pela primeira vez para as estrelas e fez a pergunta: "Estamos Sozinhos?", A história da astronomia moldou o curso da sociedade humana, conectando a ciência com a espiritualidade humana e senso de admiração na inimaginável vastidão do cosmos.

Agora visto como o domínio de excêntricos amorosos, como Patrick Moore, o falecido, grande Carl Sagan e Brian May, é fácil esquecer como a ciência da astronomia impregnou quase todos os aspectos da história humana e supervisionou a ascensão e a



Gravura egípcia com constelações

queda de grandes civilizações.

Astronomia Antiga e os Sumérios, a Fundação da Civilização

Embora possamos presumir com segurança que a humanidade desenvolveu técnicas astronômicas sofisticadas muito antes do início da história registrada, a história da astronomia ocidental começa na Mesopotâmia. Esta terra, ocupando o Crescente Fértil, entre os rios Tigre e Eufrates, está agora no Iraque, na Turquia, na Síria e no Irã. O Crescente Fértil é

onde a civilização começou, e foi o lar das grandes civilizações dos sumérios, babilônios e assírios.

A principal contribuição mesopotâmica para a história humana foi a criação da linguagem escrita, usando a escrita cuneiforme. Esta inovação linguística remonta a entre 3500 e 3000 a.C, e é uma das razões pelas quais sabemos muito sobre sua astronomia sofisticada.

Para escrever, os mesopotâmicos pressionavam as extremidades das palhetas



Mapa da Mesopotâmia

cortadas em barro molhado, formando as marcas distintas e cuneiformes em forma de cunha, a base de sua linguagem escrita. Milhares dessas pastilhas de argila cozida sobrevivem, permitindo aos historiadores obter uma visão única da vida e da sociedade mesopotâmica e, depois de muitas provações e tribulações, foram traduzidas.

Os historiadores têm certeza de que as mais antigas das civilizações, os sumérios, eram astrônomos, mas a maior parte de seu conhecimento foi perdida, deixando alguns fragmentos tentadores de sua cultura sofisticada. Nosso conhecimento de sua

contribuição para a astronomia antiga é obtido da transmissão indireta à cultura babilônica. Os primeiros registros babilônicos, datados de cerca de 1800 a.C., usam os nomes sumérios para as estrelas, sugerindo que um conjunto de conhecimentos foi transmitido.

O panteão dos deuses da Mesopotâmia começou com os sumérios, e muitos desses deuses estavam ligados aos planetas, uma tradição levada a cabo pelos gregos e romanos. Assim, podemos adivinhar que os sacerdotes sumérios eram também astrônomos, um traço muito comum na região e que define a história da astronomia. Os sumérios

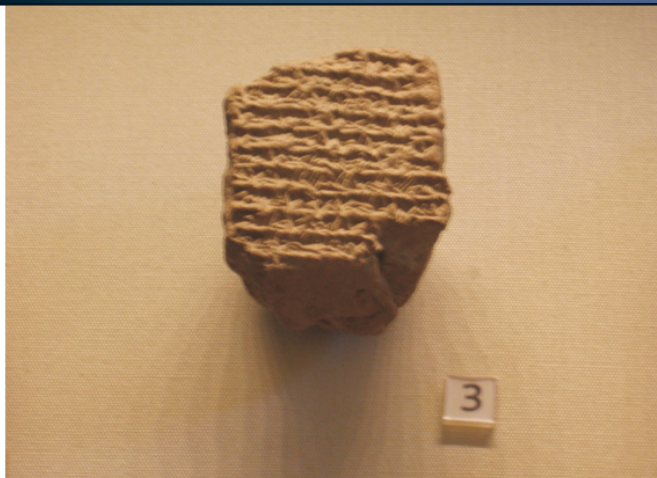
também usaram o sistema sexagesimal de medição, a razão pela qual ainda dividimos círculos em seções 360, um sistema ainda usado pelos astrônomos modernos para traçar fenômenos cosmológicos.

Astronomia Antiga Babilônica - Observação e Previsão

O primeiro insight real da história da astronomia começa com os babilônios, que usaram o céu como meio de estabelecer um calendário preciso, crucial em uma região onde a agricultura dependia de datas exatas para o plantio na hora certa. A partir de 1800 a.C., eles planejaram



Pedra de argila com registros astronômicos da antiga civilização mesopotâmica



Fragmento de argila com escrita mesopotâmica

meticulosamente o movimento do sol e da lua, usando-os para acompanhar a procissão das estações. A classe social responsável por isso eram os caldeus, sacerdotes-astrônomos que começaram a olhar para os céus para a previsão de eventos, astrólogos e astrônomos.

Usando gnômos e relógios de água para medir a passagem do tempo, eles ficaram fascinados ao mapear a ocorrência de eventos celestes, como o nascer e o pôr do sol, a lua e os planetas. Uma de suas pastilhas de barro cozido, a Tabuinha de Vênus de Amisaduga, parte da série de pastilhas de argila Enu-ma Anu Enlil, registra a primeira e a última aparição

de Vênus ao longo do ano. O Enu-ma Anu Enlil registra séculos de observações e fornece evidências de que os caldeus estavam plenamente conscientes da regularidade e periodicidade dos fenômenos planetários. Os babilônios reconheceram que muitos objetos cosmológicos eram periódicos e previsíveis, e logo usaram isso para prever eventos e ocorrências futuras.

A contribuição babilônica para a história da astronomia aumentou durante o reinado de Nabonassar (747 - 733 a.C.), quando os caldeus aumentaram o número de precisão de suas observações, descobrindo que os eclipses lunares

estavam trancados em um ciclo de dezenove anos. Outras contribuições foram a nomeação dos signos zodiacais ao longo do plano eclíptico, que passaram para o sistema romano e ainda é usado pelos astrólogos e astrônomos modernos para dividir o céu noturno.

Os Babilônios e os Persas - A Influência do Zoroastrismo na História da Astronomia

A ascensão da Pérsia, sob Ciro, o Grande, viu uma mudança na direção da história da astronomia, quando duas civilizações sofisticadas se encontraram. Em 539 a.C., as forças de Ciro invadiram a Babilônia e a anexaram como parte do Império Persa. Os magos zoroastrianos, bons astrônomos por direito próprio, trocaram ideias com os babilônios e a importância da região para a antiga astronomia cresceu.

Durante o reinado do Império Selêucida Persa, os babilônios usaram testes do "Ano do Gol" para prever os movimentos dos planetas e desenvolveram funções matemáticas elaboradas para prever fenômenos cosmológicos, sem consultar registros anteriores. Isso

deve ter fortalecido a ligação entre astronomia e astrologia, porque a precisão preditiva dos sacerdotes deve ter parecido mágica para a população e, como em tantas culturas, a astronomia se tornou a base da religião.

Um notável caldeu, Selúcio de Selucia (n. 190 a.C), propôs que o sol permanecesse no centro do universo, embora esse modelo heliocêntrico fosse posteriormente rejeitado pelos gregos. Acredita-se que ele chegou a essa conclusão por meio do raciocínio e da regularidade das marés, embora isso seja conjectura. Certamente, ele foi o primeiro astrônomo conhecido a ligar a lua ao sol com a altura e o tempo das marés.

Passagens da antiga astronomia para os gregos - Alexandre, o Grande e a

História da Astronomia

Alexandre, o Grande, enquanto homem de guerra, compreendeu a sofisticação dos mesopotâmios quando conquistou a região e disponibilizou esse conhecimento para os filósofos gregos, inclusive Aristóteles, e passou a influenciar estudiosos como Plutarco, Estrabão e Razi.

É possível argumentar que suas técnicas preditivas foram o início de um método verdadeiramente científico, em que os estudiosos fazem previsões baseadas na observação. No entanto, os gregos e os persas trocaram e compartilharam ideias por séculos, então não há limites claros entre os astrônomos babilônicos e os filósofos gregos. Ao lado de Selúcio, Estrabão mencionou os kidenas, naburianos e sudinos como



Gravura de estudiosos antigos observando o céu usando instrumentos de medição

outros grandes filósofos babilônicos.

Registros babilônicos

Os babilônios mantiveram registros em tablets de argila usando um tipo de escrita chamada cuneiforme. Inicialmente, isso era geralmente para fins comerciais, a fim de acompanhar as transações financeiras e os estoques. Vários tablets cuneiformes foram encontrados, no entanto, que se concentram em tópicos mais científicos. Um exemplo notável é a Tábua de Vênus do Rei Amisaduga, mostrada abaixo, que demonstra a metodologia científica usada pelos astrônomos babilônicos. O principal tema deste tablet é o aparecimento e desaparecimento do planeta Vênus, que vai de ser uma



Registro de cometa na antiguidade



Escavações arqueológicas no atual Iraque, onde existiu a civilização mesopotâmica

estrela da noite para uma estrela da manhã. Com base nos padrões astronômicos detalhados mencionados neste tablet, os cientistas modernos foram capazes de usar computadores para determinar que a tabuinha de Vênus foi provavelmente escrita no ano de 1581 a.C

Avanços Científicos

Os babilônios não apenas reconheceram Vênus como o mesmo objeto, quer ele aparecesse de manhã ou à tarde, mas na verdade desenvolveram um método para calcular a duração do ciclo de Vênus! De acordo com os babilônios, o comprimento de um ciclo foi de 587 dias, comparado com o valor real de 584 dias. A ligeira diferença se deve ao fato de que eles tentaram coincidir esses ciclos astronômicos com as fases

da Lua.

Tanto os babilônios como os assírios conseguiram prever os eclipses lunares. Eles aplicaram um método simples que fez previsões futuras baseadas em observações passadas. Várias tabuletas cuneiformes listam uma série de eclipses lunares e marcam o tempo entre eventos sucessivos.

Um dos maiores avanços dos babilônios foi a invenção do sistema de graus para distinguir posições no céu. O sistema era semelhante ao nosso uso de graus para calcular a latitude e a longitude. Os gregos adotaram o sistema de graus e também muitas das constelações babilônicas, que eles renomearam em grego.

O legado babilônico e a história

da astronomia

O legado dos babilônios não termina aí, e seu conhecimento foi preservado pelos persas que, por sua vez, passariam isso para os estudiosos islâmicos. Assim, por causa de sua influência sobre a astrologia oriental e ocidental e astronomia, os mesopotâmicos ainda influenciam a vida moderna. Dos horóscopos familiares ao modelo heliocêntrico do universo, a habilidosa antiga astronomia dos caldeus pode ser encontrada ao nosso redor, vislumbres de uma grande e perdida era. Eles conquistam seu lugar na história da astronomia como os fundadores de uma ciência que influenciaria os filósofos gregos, criariam panteões de deuses e garantiriam que revistas inteiras fossem dedicadas a horóscopos diários, para o deleite dos que vivem a alucinação da crença que eles poderão ajudá-lo a arrumar um novo emprego ou um(a) namorado(a)!

Maico Zorzan é astrônomo amador e professor. Graduiu-se em Matemática pela UEM

Sugestão de leitura:

O Livro de Ouro da Astronomia:
Ronaldo Rogério Mourão

O DESTINO DAS ESTRELAS MASSIVAS

Rafael Cândido Jr.
eletrorafa@gmail.com

Conforme vimos nas duas últimas edições da Revista Astronova, toda estrela chega ao momento em que o hidrogênio de seu núcleo termina. Neste momento a estrela inicia a saída da Sequência Principal.

Para as estrelas com massa entre 0,5 e 8 massas solares ocorre um aumento no seu tamanho, na luminosidade e sua cor torna-se avermelhada. Mas, e as estrelas com massas maiores? Como é a evolução?

Estrelas massivas, mas não tanto.

Para as estrelas com massa entre 9 e 30 massas solares, ao sair da Sequência Principal, passam pelas seguintes fases:

- supergigante azul: são estrelas de classe espectral O ou B, com temperaturas superficiais de 10.000 a 50.000 K e luminosidade entre 10 mil a 1 milhão de vezes a do Sol. Um exemplo de supergigante azul é a estrela Rigel(β Orionis), que tem um raio 73 vezes maior que o raio do Sol.

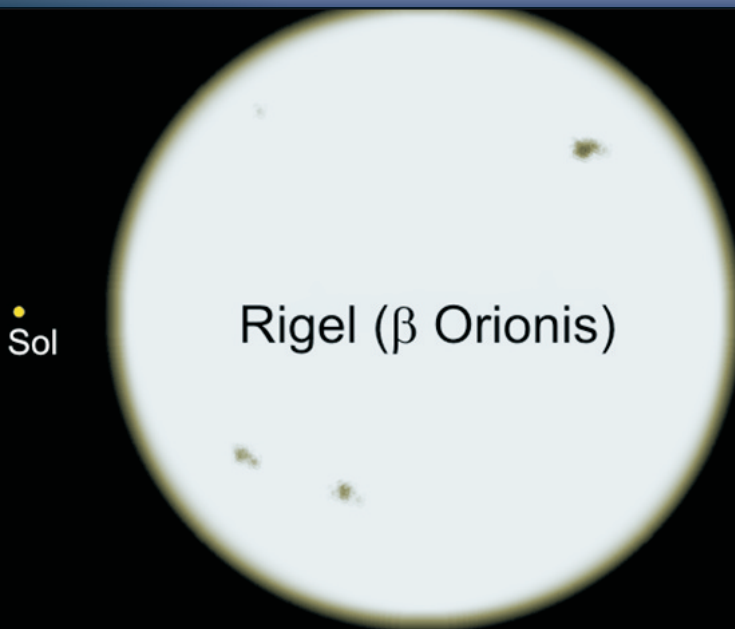
- supergigante amarela: são estrelas de classe espectral F ou G, com temperaturas superficiais entre 4.000 e 7.500 K e luminosidade acima de 1000 vezes a solar. Seu raio varia de 30 a muitas centenas de vezes maior que o raio do Sol. O exemplo mais notável é a estrela Wezen(δ CanisMajoris) com luminosidade 50.000 vezes maior que a do Sol e com raio estimado de 250 raios solares.

- supergigante vermelha: são estrelas de classe espectral K ou M. São as maiores estrelas conhecidas em termos de

volume, porém não são as mais massivas ou luminosas. Sua temperatura superficial está abaixo de 4000 K e possuem raio de centenas a milhares de vezes maiores que o raio solar. Um exemplo de supergigante vermelha é a estrela Erakis(μ Cephei), com raio estimado em 1500 vezes maior que o raio do Sol!

Estas estrelas possuem altas taxas de perda de matéria e assim, existe grande quantidade de material liberado pela estrela ao seu redor. Na fase de supergigante vermelha, a estrela é capaz de fundir vários elementos em seu núcleo até chegar ao ferro, que é um elemento limite ao processo de fusão nuclear.

Quando o núcleo estelar de uma supergigante vermelha não possui nenhum outro elemento para realizar o processo da fusão nuclear, a



Representação comparando o tamanho do Sol com a estrela Rigel(β Orionis).

estrela entra no processo do colapso.

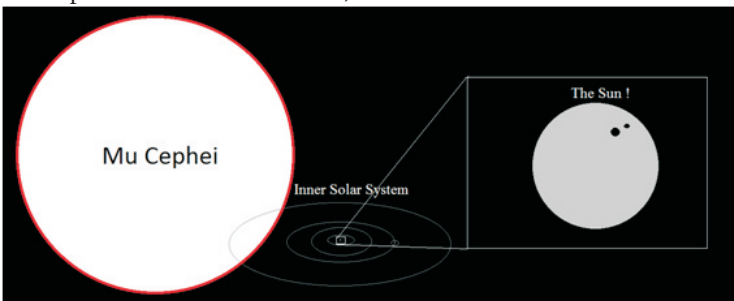
Estrelas muito massivas

As estrelas com mais de 30 massas solares são mais complicadas de realizar a modelagem computacional. Assim, o limite de 30 massas

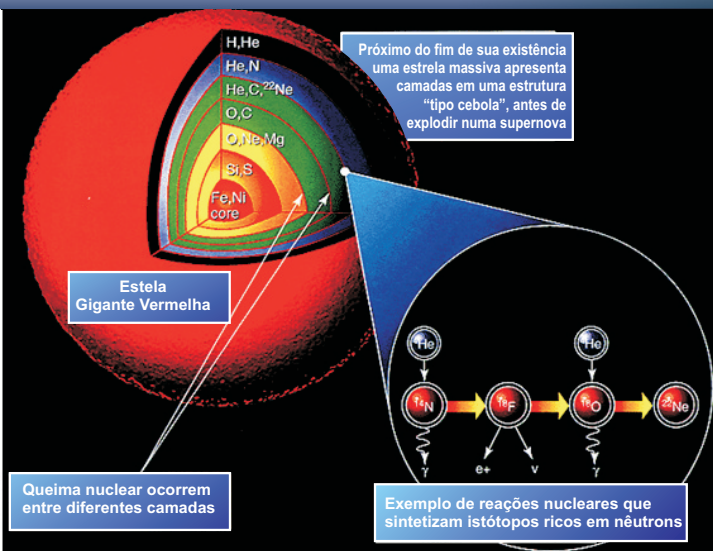
solares ainda é incerto e depende de muitos fatores secundários como velocidade de rotação da estrela e sua metalicidade.

Estas estrelas passam pela fase de supergigante azul e outras duas fases: variável luminosa azul e estrela de Wolf-Rayet.

A fase de variável luminosa azul caracteriza-se pela opacidade de sua atmosfera, a qual suas camadas mais exteriores desprendem-se da estrela, alterando a luminosidade da mesma. O exemplo mais conhecido de estrela variável luminosa



Se colocada em nosso Sistema solar, a estrela Erakis, também denominada Mu Cephei, ultrapassaria a órbita de Júpiter!



Poucos antes de colapsar, a estrela supergigante vermelha apresenta uma distribuição de elementos dispostos em camadas. Esta configuração também é chamada de camadas de cebola.

Gravura fora de escala.

azul é a estrela AG Carinae, para a qual estima-se que tenha ejetado até 40 massas solares em 8 milhões de anos.

Ao perder suas camadas mais externas, a estrela tem sua atmosfera com pouco ou nenhum hidrogênio, tendo linhas de emissão espectrais de elementos como o hélio, carbono, nitrogênio e oxigênio. Quando isso ocorre, tem-se uma estrela de Wolf-Rayet.

Outra característica muito peculiar destas estrelas é a grande variação de massa. Conforme simulações, uma estrela que tenha 100 massas

solares na Sequência Principal, pode chegar a massa de 10 massas solares quando está na fase de Wolf-Rayet. Isto ocorre porque as estrelas mais massivas têm ventos solares tão intensos que as camadas mais exteriores contendo hidrogênio são totalmente eliminadas. Em casos extremos, a estrela nem passa pelas fases de supergigante ou variável luminosa azul, tornando-se uma estrela de Wolf-Rayet.

Final cataclísmico

Na última fase da estrela



Estrela AG Carinae registrada pelo Telescópio Espacial Hubble. Sua luminosidade é 1,5 milhões de vezes maior que a luminosidade solar.

massiva, acontece no núcleo a fusão do silício em ferro. Este processo dura apenas alguns dias! Ao esgotar o silício, a fusão do ferro não gera mais energia. De modo que o equilíbrio entre a pressão da gravidade e a da energia obtida na fusão termina e a estrela colapsa em seu próprio peso.

Ao chegar nesse ponto, o núcleo colapsa rapidamente devido a pressão gravitacional, este processo dura apenas alguns segundos!



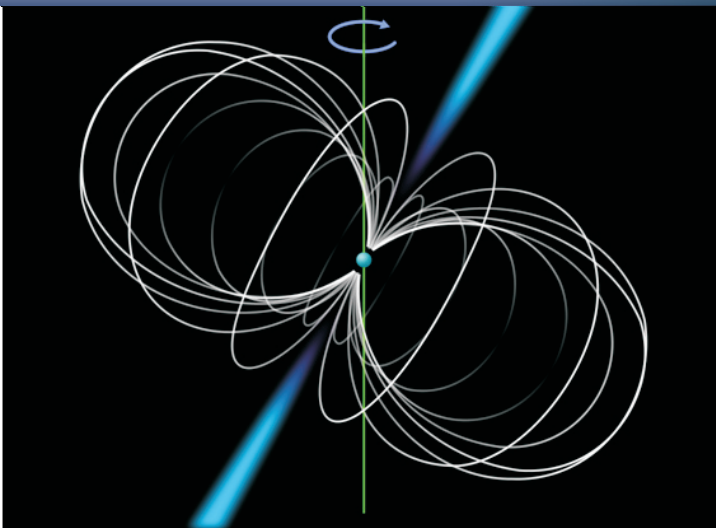
Estrela de Wolf-Rayet, WR-31a, registrada pelo Telescópio Espacial Hubble. Sua luminosidade é 1.820.000 vezes maior que a solar e sua temperatura superficial é estimada em 30.000K. A 'bolha azul' em torno da estrela evidencia sua perda de massa.



Supernova SN 1994D e a galáxia NGC 4526. Imagem registrada pelo Telescópio Espacial Hubble.

Durante este colapso gravitacional, ocorrem reações nucleares que formam átomos mais pesados que o ferro através do processo de captura de nêutrons e prótons. É aí que surgem elementos mais pesados que o ferro, como o ouro, chumbo e urânio.

A energia liberada neste processo é tão alta que a estrela praticamente explode. Suas camadas mais exteriores são espalhadas à velocidade de até 10% da velocidade da luz. A luminosidade é tão alta que estes restos da estrela brilham mais que a galáxia que a contém. Este evento é



Representação esquemática do campo magnético e da rotação de um pulsar, uma estrela de nêutrons a partir da qual podem ser detectadas emissões periódicas de ondas de rádio (pulsos).

a supernova.

Quanto ao núcleo, a pressão da gravidade continuará atuando de modo a aproximar cada vez mais os núcleos atômicos. Isso causará a reação entre

prótons e elétrons que ainda estejam no núcleo da estrela, formando nêutrons.

Nas estrelas de 9 a 30 massas solares, o núcleo contrai até um determinado limite. Nesse ponto, a matéria

constituente da estrela é apenas nêutrons.

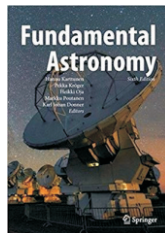
Forma-se assim uma estrela de nêutrons, com uma massa um pouco maior que a massa do Sol, comprimida em uma esfera de apenas algumas dezenas de quilômetros. Esta estrela apresenta um campo magnético milhares de vezes mais forte que o campo magnético da Terra e uma densidade tão alta, que uma colher de chá desse material pesaria tanto quanto 900 pirâmides de Gizé!

Nas estrelas com mais de 30 massas solares, o colapso gravitacional continuará até formar um buraco negro, estrutura a partir da qual nada escapa porque a velocidade de escape é maior que a velocidade da luz.

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

Bibliografia recomendada:

Fundamental Astronomy
Hannu Karttunen - Springer



Concepção artística de um buraco negro.



**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.grupocentauro.org

Acompanhe nossa página no *Fabebook*



www.facebook.com/AstroNovaBrasil