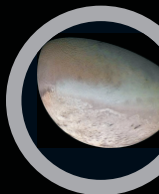


AstroNova

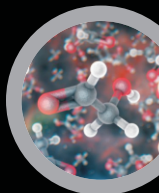
Ano 05 - Nº 20 - Dezembro/2018

Tour pelo Sistema Solar

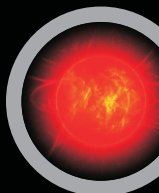
TRITÃO, a maior lua de Netuno



Açúcar no Universo!



Estrelas Gigantes Vermelhas



BREVE HISTÓRIA DA ORIGEM DA VIDA 

AS LUAS DO SISTEMA SOLAR 

A ORIGEM DO NATAL 

EVOLUÇÃO ESTELAR 

INTRODUÇÃO À ASTROBIOLOGIA 

JOGOS: TERRAFORMING MARS e BATALHA DO UNIVERSO 

ATIVIDADES NA ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL 

AGENDA DOS LANÇAMENTOS ESPACIAIS 



STEPHEN HAWKING
E OS BURACOS NEGROS



Wilson Guerra
GCAA

EDITORIAL

É fim de ano e desta vez a última edição de 2018 vem recheada de matérias. Um presentão, junto com o anúncio da NASA de que a sua sonda InSight pousou com sucesso em Marte! Nosso *Tour pelo Sistema Solar* traz Tritão, uma distante, pouco conhecida e fascinante lua de Netuno.

Veremos também que o Universo está mais doce, como explica Débora Uhdre ao trazer o resultado de pesquisas que detectaram açúcar interestelar.

Nesta edição faço uma viagem pelas luas do Sistema Solar, que revelam a diversidade de ambientes que esses objetos dão à nossa vizinhança planetária.

Felipe Sérvulo nos mostrará como a data comemorativa do Natal tem tudo a ver com a Astronomia, seguido por um artigo de Maria Beatriz Andrade sobre a Evolução Estelar.

Ana Júlia Balbi faz uma breve síntese sobre a Origem da

Vida, enquanto Vitor André Rodrigues pega carona nesse fascinante tema e bate um papo introdutório com o leitor sobre Astrobiologia - a ciência da Vida no Universo.

Rafael Cândido Jr. contribui nesta edição com um artigo muito completo sobre estrelas gigantes vermelhas, estas "senhoras" que tornam a galáxia mais colorida.

O prof. Ricardo Francisco Pereira nos apresenta a dois jogos de tabuleiro - o Terraforming Mars e o Batalha do Universo - que aliam diversão e astronomia de uma só vez.

Finalmente, Beatriz Araújo fecha esta edição com um artigo sobre Stephen Hawking e os buracos negros. O notável físico teórico, que também foi divulgador científico de excelência, nos deixou esse ano. Mais que um texto de divulgação de astronomia, Beatriz também lhe faz uma merecida homenagem.

Boas festas e uma ótima leitura!

Wilson Guerra
GCAA

EXPEDIENTE

Editores:

Maico Zorzan
maicozorzan@outlook.com

Wilson Guerra
wilsonguerra@gmail.com

Redatores:

Ana Julia Balbi
ana.balbi@engenharia.ufjf.br

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

Débora Figueiredo Uhdre
figueiredo_uhdre@hotmail.com

Maria Beatriz B. de Andrade
mbbandrade@outlook.com

Rafael Cândido Junior
eletorafa@gmail.com

Ricardo Francisco Pereira
ricardoastronomo@gmail.com

Vitor André Rodrigues
vitor-var@hotmail.com

Wilson Guerra
wilsonguerra@gmail.com

Arte e Diagramação:

Wilson Guerra
wilsonguerra@gmail.com

Astrofotos:

Adriano de Oliveira
Carlos Aparecido Domingues
Delbertson T. de Souza
Newton Cesar Florencio
Wagner Fazcar

Capa: nuvem de cristais de gelo próxima a Arsia Mons, em Marte.



Tour pelo Sistema Solar

TRITÃO, a maior lua de Netuno

08

Açúcar Interestelar

A detecção de açúcar no espaço e as pistas sobre a origem molecular da Vida

11

As luas do Sistema Solar

15



A origem do Natal

e sua relação com a Astronomia

23

Evolução Estelar

Uma introdução

29

Origem da Vida

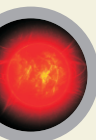
Uma breve síntese histórica

33

Astrobiologia

Uma introdução

39



Estrelas Gigantes Vermelhas

41

Terraforming Mars

Conhecendo um jogo sobre engenharia planetária

47

Batalha do Universo

Um jogo de tabuleiro sobre (quase) tudo o que há no Cosmos

53

Hawking

e os tais Buracos Negros

58

Principais Lançamentos do Trimestre

RÚSSIA



Foguete: Soyuz FG (RKK Energiya)

Tripulação 57-S da Estação Espacial Internacional

Local: Cosmódromo de Baikonur

Data: 03/12/2018

Foguete: Proton (RKK Energiya)

Carga: Blagoves, satélite de comunicação

Local: Cosmódromo de Baikonur

Data: 25/12/2018

Foguete: Soyuz 2.1a (RKK Energiya)

Carga: Kanopus-V 5 & 6, satélite de observação da Terra

Local: Cosmódromo de Vostochny

Data: 25/12/2018

Foguete: Soyuz (RKK Energiya)

Carga: EgyptSat-A, satélite de observação da Terra - sensoriamento remoto

Local: Cosmódromo de Vostochny

Data: 27/12/2018

ESTADOS UNIDOS



Foguete: Falcon9 (SpaceX)

Carga: SSO - 50 nanossatélites em órbita polar

Local: base de Vandenberg

Data: 02/12/2018

Foguete: Falcon9 (SpaceX)

Carga: PSN 6 & SpaceX Lunar Lander satélite de com./sonda lunar israelense

Local: cabo Canaveral

Data: janeiro/2019

Foguete: Delta 4 (ULA)

Carga: WGS 10, satélite de comun.

Local: cabo Canaveral

Data: 23/01/2019

Foguete: Falcon9 (SpaceX)

Carga: Crew Dragon Demo 1 teste em futura nave tripulada

Local: centro espacial Kennedy

Data: 7 ou 8/02/2019

CHINA



Foguete: Longa Marcha 3B

Carga: Chang'e 4, pousador lunar

Local: Base de Xichang

Data: 08/12/2018

Foguete: Longa Marcha 5

Carga: Shijian 20 satélites de comunicação

Local: Base de Wenchang

Data: janeiro/2019

Principais Lançamentos do Trimestre

EUROPA



Foguete: ARIANE 5 (Arianespace)

Carga: GSAT 11 & GEO-Kompsat 2A ,
sats. de comunicação e meteorologia
Local: Base de Kourou
Data: 04/12/2018

Foguete: Soyuz 2.1b (RKK Energiya)

Carga: OneWeb 1, constelação de 20
satélites de comunicação
Local: Sinnamary (Guiana Francesa)
Data: fevereiro/2019

Foguete: Vega (Arianespace)

Carga: PRISMA, satélite eletro-ótico
de observação da Terra
Local: Base de Kourou
Data: janeiro/2019

Foguete: Ariane 5 (Arianespace)

Carga: Hellas-Sat 4/SaudiGeoSat 1 &
GSAT 31 - satélites de comunicação
Local: Base de Kourou
Data: 23/01/2019

Foguete: GSLV Mk.2

Carga: GSAT 7A, satélite
geoestacionário de com.
Local: base de Sriharikota
Data: dezembro/2018

Foguete: GSLV Mk.3

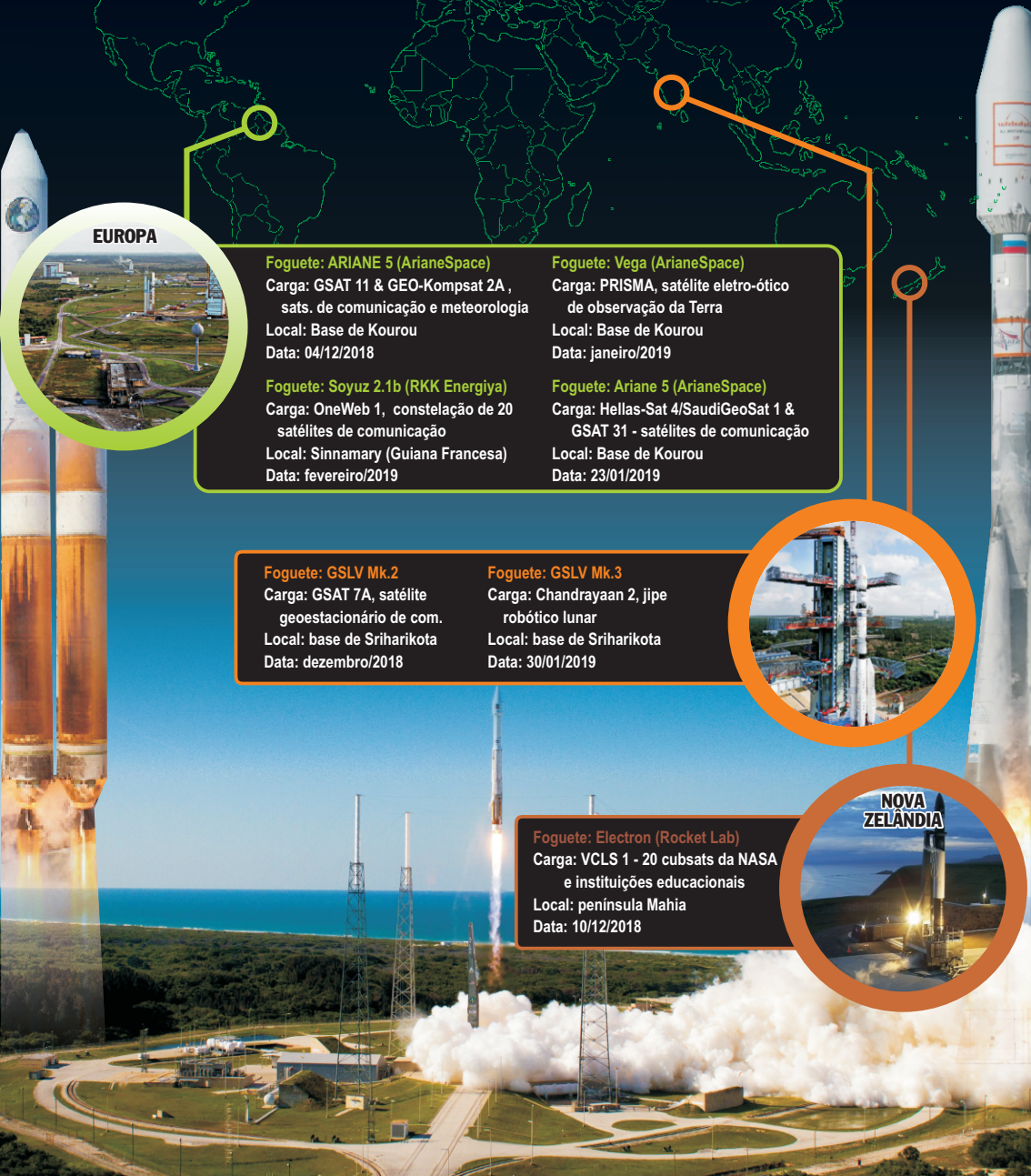
Carga: Chandrayaan 2, jipe
robótico lunar
Local: base de Sriharikota
Data: 30/01/2019



NOVA ZELÂNDIA

Foguete: Electron (Rocket Lab)

Carga: VCLS 1 - 20 cubsats da NASA
e instituições educacionais
Local: península Mahia
Data: 10/12/2018



Estação Espacial Internacional (ISS)

Principais atividades - setembro a novembro/2018

Tripulação atual



Próxima Expedição - Soyuz MS-11 (03/12/2018)



Astronauta Serena Auñón-Chancellor
trabalha com misturas de cristais de proteínas.



Pela primeira vez, duas naves
cargueiras se acoplam no mesmo
dia na Estação Espacial

Progress
ROSCOSMOS

Cygnus
ORBITAL SCI.



Astronauta Alexander Gerst pesquisa sobre como
o sistema nervoso se adapta à microgravidade.



Cosmonauta Sergei Prokopyev estuda interação
de plasma com a radiação solar e no espaço.

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



TRITÃO

A maior lua de Netuno

Tritão é a maior lua de Netuno, vista nesta foto feita de imagens captadas pela Voyager2, da NASA, durante sua única visita até agora ao sistema de Netuno.

Atualmente apenas a Roscosmos (Agência Espacial Russa) tem planos para enviar novas sondas robóticas para o sistema netuniano.

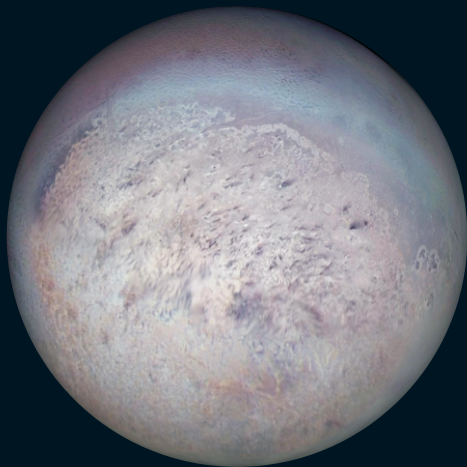
Tritão é um de apenas três objetos no Sistema Solar

conhecidos por terem uma atmosfera dominada por nitrogênio: os outros são a Terra e Titã, a maior lua de Saturno. Astrobiólogos especulam se o domínio atmosférico de nitrogênio possa ser algum sinal ou facilitador para o surgimento da Vida na Terra e se isso poderia se repetir em outros lugares do Universo.

Tritão tem a superfície mais

fria conhecida em qualquer parte do Sistema Solar - tão fria que a maior parte de seu nitrogênio é condensada e sublimada na forma de geada, tornando-se o único satélite no Sistema Solar conhecido por ter uma superfície feita principalmente nitrogênio sólido.

Acredita-se que as faixas escuras que recobrem os gelos rosados no fundo



TRITÃO

Dados principais:

- Distância de Plutão: 17,9 km
- Raio equatorial: 593 km
- Temperatura: em torno de -227°C
- Atmosfera: praticamente não tem.

sejam poeira depositada em enormes plumas parecidas com gêiseres, algumas das quais foram descobertas como ativas durante o sobrevôo da Voyager2. A faixa verde-azulada visível nesta imagem se estende ao redor de Tritão, perto do equador. Ela pode

representar depósitos de gelo de nitrogênio relativamente recentes. As áreas esverdeadas incluem relevo chamado "cantaloupe", cuja origem é desconhecida, e um conjunto de paisagens "criovulcânicas" aparentemente produzidas

por líquidos gelados (agora congelados) que irromperam do interior de Tritão.

Se existirem no Sistema Solar formas de vida exótica - baseadas em bioquímicas diferentes das nossas - especula-se que Tritão poderia ser um desses locais, talvez suportando alguma forma de vida baseada no silício, e não no carbono como ocorre na Terra.

Referências

<http://rps.nasa.gov/resources/29/voyagers-view-of-triton/>

Pabulo Henrique Rampelotto, **A Química da Vida como nós não conhecemos**, Quim. Nova, Vol. XY, No. 00, 1-9



Ilustração mostra a sonda Voyager 2 sobrevoando Netuno

CAES

CLUBE DE ASTRONOMIA DO ESPÍRITO SANTO

Quem somos?

■ Criado com o objetivo de reunir admiradores e amantes da Astronomia e assuntos afins, o **Clube de Astronomia do Espírito Santo (CAES)**, reconhecido internacionalmente pela *International Astronomical Union (IAU)*, busca a difusão do conhecimento, no intuito de contribuir para a formação de cidadãos conscientes de seu papel no universo.

Dentre as atividades desenvolvidas, realizamos encontros mensais com palestras e oficinas, promovemos encontros casuais quando houverem efemérides (acontecimentos ou fenômenos astronômicos) oportunas, além de participarmos em *hangouts* da página *Ciência e Astronomia*, com debates e entrevistas compostos por alunos e profissionais da área.

Onde estamos?



facebook.com/ClubAstroES



clubeastroes.wordpress.com



caes@outlook.com.br

Parceiros:



Observatório
Nacional



AÇÚCAR INTERESTELAR

A detecção de açúcar no espaço e as pistas sobre a origem molecular da Vida

Débora Figueiredo Uhdre
figueiredo_uhdre@hotmail.com

Utilizando o Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA), astrônomos detectaram moléculas de glicaldeído, no gás que circunda uma estrela binária jovem, com massa semelhante ao Sol, chamada IRAS 16293-2422. A estrela IRAS 16293-2422 situa-se a cerca de 400 anos-luz de distância, relativamente

próxima da Terra, o que a torna num excelente alvo para os astrônomos que estudam as moléculas e a química em torno de estrelas jovens.

O glicaldeído (HCOCH_2OH) é o açúcar mais simples (figura 1), e o primeiro intermediário do produto da reação que começa com formaldeído (H_2CO) e conduz à formação

(catalisada) de açúcares e finalmente a ribose, a espinha dorsal do RNA. A presença de glicaldeído é, portanto, uma importante indicação de que os processos que conduzem à moléculas biologicamente relevantes estão ocorrendo. As nuvens de gás e poeira que colapsam para formar novas estrelas são extremamente frias, e muitos gases solidificam sob a forma de gelo sobre as

partículas de poeira, onde seguidamente se juntam para formar moléculas mais complexas. Mas assim que uma estrela se forma no meio de uma nuvem de gás e poeira em rotação, esta aquece as regiões internas da nuvem para cerca de uma temperatura ambiente, evaporando as moléculas quimicamente complexas e formando gases que emitem uma radiação característica em ondas rádio, ondas estas que podem ser mapeadas com a ajuda de potentes rádio telescópios, como o ALMA (Chile).

O glicolaldeído já tinha sido observado anteriormente no espaço interestelar. No ano de 2000, ele foi detectado em uma grande nuvem de gás e poeira cerca de 26.000 anos-luz de distância, perto

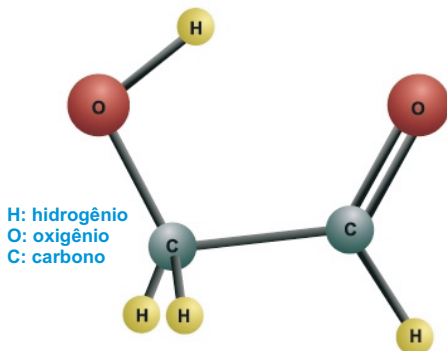


Figura 1: A molécula do glicolaldeído
Imagem: www.nrao.edu/pr/2004/coldsugar/molecule.jpg

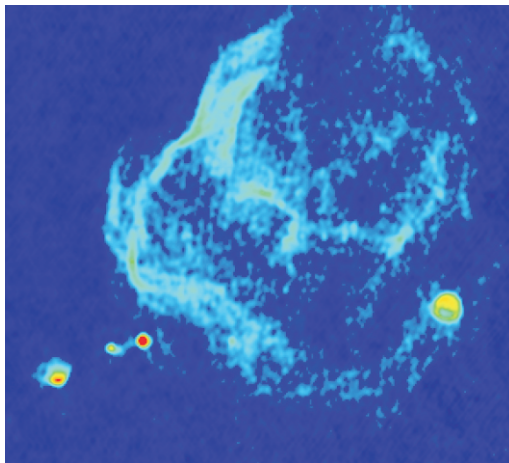


Figura 2. A nuvem molecular de Sagittarius B2, em imagem obtida pelo radiotelescópio VLA, do Novo México, EUA.

do centro da nossa galáxia, e no ano de 2008 foi detectado em uma região de formação estelar longe do centro galáctico e também a aproximadamente a 26.000 anos-luz da Terra. Mas no ano de 2012 foi a primeira vez que é descoberto tão perto de uma estrela do tipo

solar, a distâncias comparáveis à distância de Urano ao Sol, no Sistema Solar. Esta descoberta mostra que alguns dos componentes químicos necessários à vida existiam neste sistema na altura da formação planetária.

A formação do glicolaldeído e de outras moléculas pré-bióticas e as pistas sobre a origem molecular da Vida

1 - O material impulsionado de uma região de formação estelar ativa colide com uma nuvem interestelar próxima, provocando choque frontal.

2 - Átomos e moléculas pequenas revestem a superfície e são

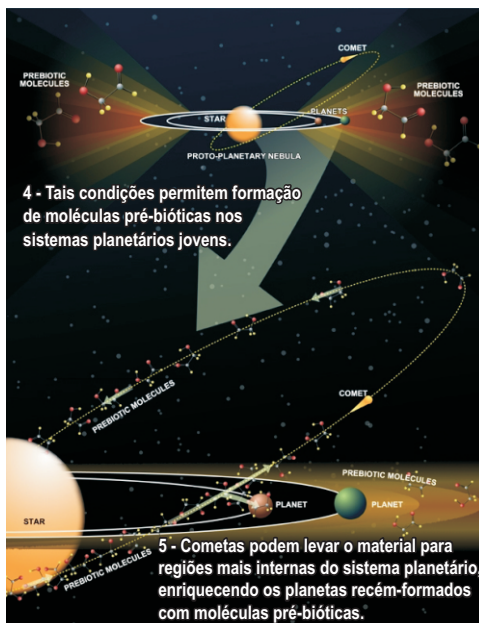
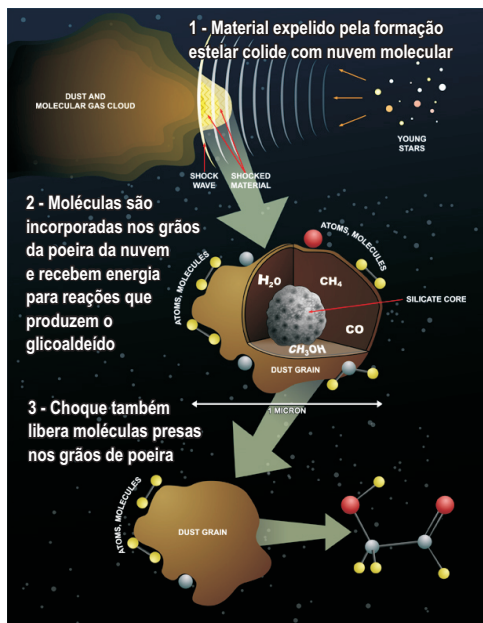


Figura 3. Formação do glicioaldeído e outras moléculas pré-bióticas, e sua distribuição na formação planetária.

Fonte: www.nrao.edu/pr/2004/coldsugar/coldsugar.graphics.shtml

incorporados no interior de pequenos grãos de poeira na nuvem interestelar. A alta energia do choque gera reações químicas que produzem moléculas como o glicioaldeído.

3 - O choque também fornece energia para liberar algumas moléculas dos grãos e ejetar essas moléculas envolta do gás.

4 - Essas condições de choques e formações de moléculas podem existir em sistemas solares, que ainda estão em formação. As

moléculas pré-bióticas, como glicioaldeído podem ser formadas em regiões exteriores da nuvem desses jovens sistemas planetários.

5 - Cometas também se formam nas regiões exteriores das nuvens e mais tarde perto da órbita da estrela central do sistema planetário. Cometas podem colidir com planetas jovens, ou os planetas podem passar através da cauda do cometa.

De qualquer forma as moléculas pré-bióticas formadas e carregadas por

cometas podem ser depositadas nos planetas, cabendo à estrela o ponta-pé inicial para o processo de formação da Vida.

Débora Figueiredo Uhde é formanda de bacharelado em Química pela UEM

Referências

JORGENSEN, J. K, et al. Detection of the simplest sugar, glycolaldehyde, in a solar-type protostar with ALMA.

Disponível em: <http://arxiv.org/pdf/1208.5498v1.pdf>

www.iram-institute.org/EN/news/2008/12.html

www.nrao.edu/pr/2004/coldsugar/

www.nrao.edu/pr/2000/sugar/

Câmera localizada no braço robótico da sonda de pouso InSight da NASA, enviou esta foto de alta resolução pouco depois de aterrissar superfície marciana. Uma capa anti-poeira transparente ainda está na câmera nessa imagem, para evitar que as partículas expostas durante o pouso se fixem na lente. Esta imagem foi transmitida da InSight para a Terra através da sonda Odyssey da NASA, atualmente em órbita de Marte.

Fonte: NASA



As LUAS do SISTEMA SOLAR

Wilson Guerra
wilsonguerra@gmail.com

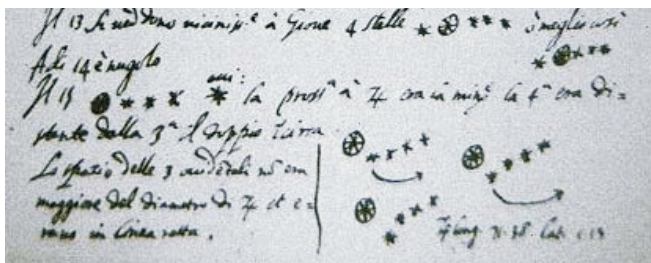
Quando se pensa no Sistema Solar, frequentemente as primeiras imagens que nos vem à cabeça são dos planetas. Do "sem graça" Mercúcio, a belíssima Terra, os exuberantes anéis de Saturno, o colossal Júpiter. Depois é comum lembrarmos dos cometas, que de vez em quando dão o ar da graça e dominam os noticiários de astronomia. As vezes nos vem em mente os meteoritos, que nos visitam rara e estrondosamente.

Mas as Luas do Sistema Solar

(os satélites naturais do planetas) são objetos astronômicos interessantíssimos, guardam fantásticas propriedades, informações e histórias. Com o que veremos nesta breve matéria vamos nos fascinar por elas também.

O INSIGHT DE GALILEU

Em 7 de janeiro de 1600, Galileu apontava atentamente seu recém-construído telescópio ao planeta Júpiter. A princípio ele acreditou que tivesse descoberto três estrelas visualmente próximas a Júpiter, mas percebeu que



Esboço de Galileu mostrando os movimentos das luas de Júpiter.

depois de um tempo uma quarta surgiu. Continuando a observá-las sistematicamente notou que na verdade se tratavam de satélites naturais (luas) que circundavam o planeta gigante. Galileu nomeou-as de Júpiter I, Júpiter II, Júpiter III e Júpiter IV. Só no século XX que outra nomenclatura, proposta por Simon Marius, foi adotada: Io, Europa, Ganimedes e Calisto.

A constatação de Galileu o intrigava. Na época o modelo aceito para o Sistema Solar era o Geocêntrico, onde a Terra estaria no centro do sistema. Mas ao ver Júpiter sendo circundado por suas luas, ficava claro que havia "outro centro" em nosso sistema planetário. A constatação deu suporte observacional adicional para a difusão do modelo Heliocêntrico, onde o Sol é visto como o centro do nosso sistema planetário. De fato, esta visão faz, hoje, muito mais sentido. A Terra não é nenhum corpo privilegiado do universo, como supunham as autoridades medievais.

É interessante notar que a dinâmica das luas de outro mundo teve um papel na revolução científica que mudou para sempre nossa visão sobre o Sistema Solar,

sobre nós mesmos e nosso lugar no universo.

DIVERSIDADE NO SISTEMA SOLAR

Como veremos a seguir, as luas do Sistema Solar não são "monótonas". Muitas delas possuem propriedades muito particulares, e tornaram-se alvo de pesquisas importantes em várias áreas da Ciência.

LUA - O satélite natural da Terra

A nossa Lua é o objeto astronômico mais próximo da Terra. Sua simples existência mudou muito o nosso planeta. Sabe-se por exemplo que, sem a Lua, a rotação da Terra seria mais rápida. Consequentemente os dias durariam menos tempo (estima-se 21h). Um dia de menor duração teria impacto na Evolução da Vida, e certamente as coisas não seriam como são hoje se a Lua não existisse.

A teoria mais aceita para a origem da Lua é a de que, pouco depois da consolidação do Sistema Solar, um planeta de tamanho semelhante a Marte colidiu com a Terra. Este catastrófico evento quase destruiu nosso planeta. Mas os estilhaços do impacto permaneceram em

órbita, aglutinaram-se gravitacionalmente e formaram a Lua.

A Lua tem muitas marcas de crateras. Elas continuam a existir até hoje porque não há atmosfera, e assim estas formações não ficam sujeitas da desgastes de intemperismos, como ocorre aqui na Terra.

A Lua tem sempre a mesma face voltada para nosso planeta. Nem sempre foi assim. Esse movimento síncrono (o tempo de rotação da Lua sobre ela mesma coincide com o tempo de revolução em torno da Terra) é resultado da interação gravitacional do sistema Terra-Lua. A face que nunca se volta para nós, a "face oculta da Lua", foi fotografada pela primeira vez por sondas soviéticas em outubro de 1959. Ela se mostra muito mais craterada que a face voltada para nós, uma vez que fica mais exposta ao espaço exterior e assim permanece sujeita a um mais intenso bombardeio de meteoros, que foi muito mais comum no passado.

Ao observar a superfície da Lua com um binóculo ou telescópio, notamos áreas brancas e áreas cinzentas. As áreas mais claras são regiões mais acidentadas,

montanhosas. As regiões escuras são mais regulares e planas, e correspondem a derramamento de material magmático (lava) que escorreu no período de intenso bombardeio de meteoritos. Estas regiões também recebem o nome de "mares".

Sabe-se hoje que existe um pouco de água na Lua sob forma de gelo. Este gelo foi detectado no interior de uma cratera lunar ao sul, que fica em região de sombra constante, protegido do calor da luz solar.

Até hoje 12 astronautas caminharam na Lua. O primeiro deles, Niel Armstrong, foi que proferiu a célebre frase "um pequeno passo para um homem, um grande passo para a humanidade", ao descer em nosso satélite natural. O único cientista a ir à Lua foi o geólogo Harrison Schmitt, a missão Apollo 17, última missão do programa Apollo, da NASA.

A figura 1 traz alguns dados relevantes da nossa Lua.

DEIMOS E FOBOS

As luas de Marte

Estes são os nomes das duas luas de Marte. Seu formato irregular (parecem "batatas")



Figura 1

LUA

Dados principais

Forma: regular (esférica)
 Diâmetro: 3.480 km
 Massa: $74 \cdot 10^{21}$ kg
 Distância: 384.000 km

fazem crer que provavelmente são asteroides capturados pelo campo gravitacional do planeta vermelho. São objetos tão pequenos, em termos planetários, que se um astronauta corresse sobre sua superfície e saltasse, entraria em órbita deles, devido a pouca massa e por isso pouca atração gravitacional. A figura 2 traz algumas características de Deimos e Fobos.

A GRANDE FAMÍLIA DE JÚPITER

Júpiter tem dezenas de satélites. Os principais deles, descobertos por Galileu, são: Io, Europa, Ganimedes e Calisto. Os outros são pequenos e bastante irregulares, tanto em forma como nas órbitas.

Io: é uma lua com incrível atividade vulcânica. Na verdade em Io se encontra a maior quantidade de vulcanismos do Sistema

DEIMOS



Forma: irregular
 Diâmetro: 15 km

FOBOS



Forma: irregular
 Diâmetro: 28 km

Figura 2

Solar. Este vulcanismo é causado pelos efeitos de maré, os "puxões" gravitacionais do massudo Júpiter, que esticam e contraem Io. Este movimento gera atividade interna que culmina nos inúmeros pontos vulcânicos na sua superfície.

Esta superfície é bastante colorida pelo material expelido do interior. A predominância do amarelo ocorre devido a presença de muito enxofre. Sondas da NASA já capturaram imagens de material expelido na forma de gêiseres que atingiam dezenas de quilômetros de altura.

Europa: sua superfície é composta de água congelada, e marcada por fissuras e rachaduras longas e profundas. Próximo a estas rachaduras há material mais escuro, que provavelmente sai das regiões mais internas.

As interações do campo magnético de Júpiter com Europa são compatíveis com a existência de um grande mar de água líquida e salgada abaixo da crosta congelada. Tudo indica que Europa é uma lua oceânica. Tal como no fundo dos oceanos da Terra, o solo submarino de Europa pode

conter fontes termais. Estas fontes poderiam abrigar formas de vida. Europa, assim, é uma lua de grande interesse astrobiológico. A NASA tem a intenção de enviar uma missão robótica a Europa, que incluiria um robô submarino para pesquisar as profundezas desta lua oceânica.

Ganimedes: esta lua é quase do tamanho de Marte. É extremamente craterada, marca de um passado de muitos bombardeios de meretoros. Em 2015 foi encontrado evidência da existência de água salina em Ganimedes, provavelmente abaixo de uma camada de gelo.

Calisto: um pouco menor que Ganimedes, Calisto também tem sua superfície marcada por muitas crateras de impacto.

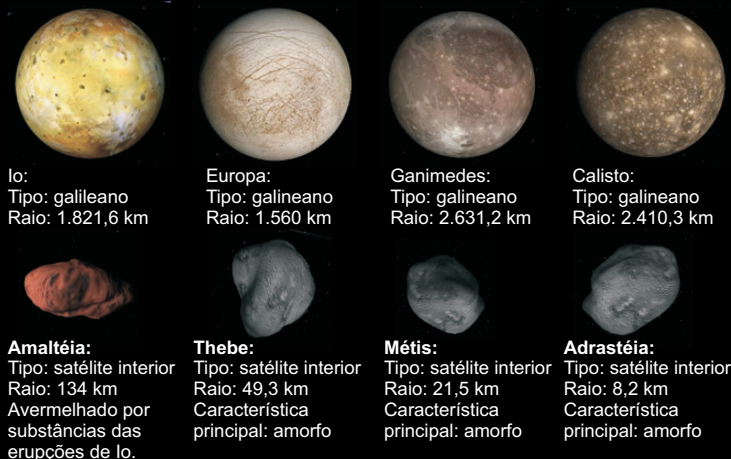
Luas irregulares: parecem ter a mesma natureza de Deimos e Fobos, ou seja, podem ser asteroides capturados pela gravidade de Júpiter. A figura 3 traz um resumo das principais luas de Júpiter.

SATURNO, O SENHOR DOS ANÉIS E SUAS LUAS

Tal como Júpiter, a grande massa de Saturno mantém muitas luas em sua órbita (mais de 30), além de seus imponentes e belíssimos anéis. Estes anéis, aliás, são compostos de bilhões de pequenos blocos de rocha e gelo. É como se cada bloco que compõe os anéis fossem "microluas". As maiores luas de Saturno, de formato esférico e bem definido, são Titã, Encéladus, Mimas, Dione e Iapetus.

Luas pastoras: As luas

Figura 3 - Principais luas de Júpiter



pequenas de Saturno, de forma irregular e asteroidal são a maioria. Algumas, como Pan, Atlas, Prometeu e Pandora, são "luas pastoras", que conduzem as partículas em órbita de Saturno para um anel distinto. Outras luas produzem distorções e padrões de onda nos anéis.

Titã: este é o astro mais distante da Terra na qual um equipamento humano já pousou: a sonda Huygens, da ESA (Agência Espacial Européia). O feito ocorreu em 2005.

Titã tem características muitíssimo interessantes. Os dados da sonda Huygens mostra que a superfície sólida de Titã se assemelha com uma "areia molhada".

Titã possui atmosfera, que é cerca de duas vezes mais densa que a da Terra.

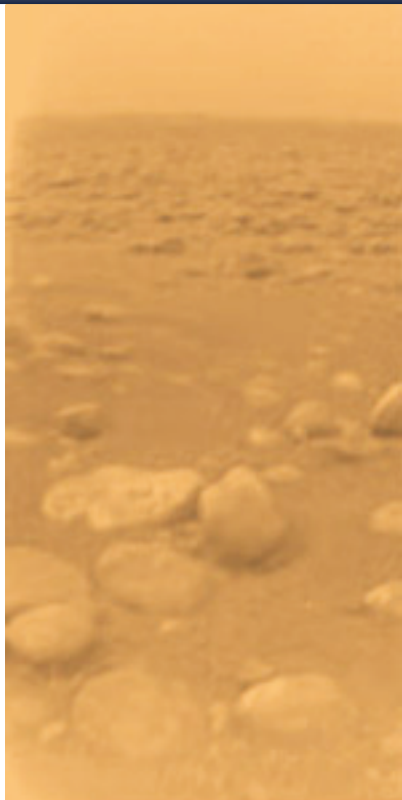
Composta principalmente de nitrogênio, com presença de metano e amônia, acredita-se que Titã mantém sua atmosfera primitiva. Na Terra, há bilhões de anos, ainda antes do surgimento da Vida, a atmosfera também poderia ter características muito parecidas. Isso torna Titã uma lua muito interessante do ponto de vista astrobiológico.

Mas há outras características

importantes em Titã. Suas temperaturas baixíssimas mantém lagos de metano líquidos. Há uma constante garoa e muita chuva, mas não de água, e sim de hidrocarbonetos. De certa forma, é como se em Titã "chovesse gasolina".

Titã é um mundo extraordinário cujos processos geofísicos, semelhantes aos da Terra, atuam em materiais exóticos em condições muito diferentes. Embora ocorram em Titã vários processos geofísicos parecidos com os da Terra, a química envolvida é bem diferente. O líquido predominante em Titã é de metano, e não de água. Em vez de rochas silicatadas, Titã tem gelo hídrico congelado. Em vez de poeira, Titã tem partículas de hidrocarbonetos acumuladas na atmosfera e, em vez de lava, os vulcões de Titã expelem gelo muito frio.

Encélado: é um dos objetos mais brilhantes no sistema solar. É coberto por gelo de água que reflete a luz solar como neve recém-caída. Isto a torna muito fria, apenas cerca de -201°C . Parece existir vulcões nesta lua tenham expelido as partículas geladas que formam um dos anéis de



A única imagem da superfície de Titã, feita pela sonda Huygens (ESA)

Saturno e que elas nevem de volta continuamente em sua superfície. Em 2015 a NASA confirmou a existência de um oceano global líquido abaixo da crosta congelada de Encélado.

Mimas: com apenas 392 quilômetros de diâmetro, tem uma cratera gigante com um terço do tamanho da própria lua. Em sua região central existe um pico com cerca de dois terços do tamanho do Monte

Figura 4 - Principais luas de Saturno



Everest, o ponto mais alto da Terra.

Iapetus: está entre as luas mais estranhas de Saturno. Metade dela é muito clara e e a outra metade é muito escura. Isso torna a parte clara dez vezes mais brilhante do que a outra metade.

Dione: sua superfície é composta de montanhas e penhascos de gelo. Há muitas marcas de crateras de impacto. Compartilha sua órbita com duas pequenas luas irregulares (Helena e Pólux).

AS LUAS DE URANO

Urano tem cerca de 27 satélites.

Oberon e Titânia: são as maiores luas de Urano.

Miranda: É o mais interior e menor dos satélites e tem uma superfície diferente de qualquer outra lua. Possui cânions gigantesco, até 12 vezes mais profundos que o Grande Cânion dos EUA. Algumas superfícies que parecem muito antigas e outras muito jovens.

Com diâmetros de apenas 26 a 154 quilômetros, a sonda Voyager 2 descobriu: **Julietta**,

Puck, Cordélia, Ofélia, Bianca, Desdêmona, Pórcia, Rosalinda, Cressida e Belinda.

Ariel: tem a superfície mais brilhante e possivelmente é a mais jovem de todas as luas de Urano. Tem poucas crateras grandes e muitas pequenas, indicando que colisões de baixo impacto relativamente recentes destruíram as grandes crateras. Vales entrecortados e pontilhados de crateras marcam sua superfície.

Umbriel: é antiga e a mais escura das cinco grandes luas. Ela tem muitas grandes crateras e exibe um anel brilhante num dos lados.

Oberon: a mais exterior das grandes luas, com muitas crateras e mostra poucos sinais de atividade interna. Um material escuro aparece no fundo de muitas crateras.

Figura 5 - Principais luas de Urano



AS LUAS DE NETUNO

São 13 as luas de Netuno, mas podem haver outras menores que ainda não foram detectadas.

Tritão: não confundir com a lua de Saturno, Titã! É de longe o maior dos satélites de Netuno. A sonda Voyager 2 revelou detalhes fascinantes sobre Tritão.

Parte de sua superfície se assemelha à casca de um melão. Vulcões gelados cospem o que é provavelmente uma mistura de nitrogênio líquido, metano e poeira, que se congela instantaneamente e depois cai em forma de neve sobre a superfície. A superfície gelada de Tritão reflete a maior parte da luz do Sol que o atinge, por isso a lua é um dos objetos mais frios do sistema solar, com cerca de -240°C .

É a única grande lua do sistema solar que circunda seu planeta em direção contrária à rotação do mesmo (uma órbita retrógrada), o que sugere que um dia pode ter sido um objeto independente que Netuno capturou.

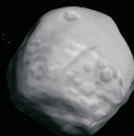
A gravidade de Netuno age como um aspirador sobre Tritão, em contra-órbita, reduzindo sua velocidade e fazendo-o aproximar-se cada

Figura 6 - Principais luas de Netuno



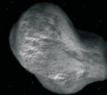
Tritão:

Tipo: regular
Raio: 1353,4 km
Característica principal: superfície de cores variadas; movimento de translação retrógrado.



Proteus:

Tipo: irregular
Raio: 219 km
Característica principal: amorfo, como a maioria dos asteroídes.



Nereida:

Tipo: irregular
Raio: 170 km
Característica principal: amorfo, como a maioria dos asteroídes.

vez mais do planeta. Daqui a milhões de anos, Tritão chegará perto o suficiente para que forças gravitacionais o destruam, possivelmente formando um anel brilhante ao redor de Netuno.

Proteus: a segunda maior lua de Netuno, tem uma superfície muito escura. Essa lua ligeiramente não-esférica é considerada no limite da massa possível de um objeto antes que sua gravidade o transforme em esfera. Proteus e cinco outras luas tiveram de esperar a Voyager 2 para ser conhecidas. Todas as seis estão entre os objetos mais escuros encontrados no sistema solar.

Nereida: a terceira maior lua de Netuno tem forma irregular. Tem a órbita mais elíptica (uma "oval") que qualquer lua conhecida. Provavelmente Tritão

exercer uma perturbação gravitacional para que Nereida descreva uma órbita assim.

BELEZAS INTRIGANTES

Essa variedade de características das luas do Sistema Solar mostram o quão interessante esses objetos são. Temos muito a descobrir nestes pequenos mundos. Além de nos encantar com eles.

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

Referências:
Friaça, Dal Pino, Sodré Jr., Jatenco-pereira, **Astronomia: Uma visão geral do Universo**, EdUSP

Kepler, Oliveira; Saraiva, Maria, **Astronomia & Astrofísica**, LF

Maia, Hernâni; Dias, Ilda
Origem da Vida - LF Editorial

Mourão, Rogério, **O Livro de Ouro da Astronomia**, Ediouro

NASA: www.nasa.gov

ESA: www.esa.int



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

A origem do Natal e sua relação com a

ASTRONOMIA

**Felipe Sérvulo**

felipeservulo@outlook.com

Na tradição humana, algumas datas comemorativas foram associadas às festividades pagãs, e estas, por sua vez, são ligadas a astronomia, uma vez que obedeciam a padrões dos astros no céu, ou seja, um calendário fixo. As festas natalinas são um exemplo disso.

A origem do Natal ainda não é totalmente clara, mas, segundo fontes históricas, o dia 25 de dezembro foi escolhido para representar o nascimento de Jesus porque coincidia com os festivais

pagãos que celebravam a Saturnália, festival da Antiga Roma em honra ao deus Saturno, e que durava quatro dias.

Outras fontes indicam que a origem do Natal remete às comemorações do “Sol Invicto”, que era representado por Apolo, para os romanos, e era celebrado nos dias 24 e 25 de dezembro. Nesses dias também se comemorava o dia de Mitra, o deus da luz Persa.

Segundo a tradição, o imperador romano Aureliano estabeleceu a data no dia do nascimento do

Sol, em 25 de dezembro, o chamado dies solisinvictinati (dia do nascimento do Sol inconquistado ou invicto).

A escolha da data não foi ao acaso. Todas estas comemorações foram baseadas na observação dos corpos celestes e, para os povos do hemisfério norte, representava o dia mais curto e a noite mais longa do ano, ou seja, o solstício de inverno (para os povos do hemisfério sul, acontece o inverso, o solstício de verão, que representa o dia mais longo e a noite mais curta do ano).



Antes do cristianismo, haviam as chamadas Saturnálias, festividades pagãs do império Romano em alusão a Saturno, e que eram comemoradas no dia do solstício de inverno. Estas festividades antecederam o que seria conhecido como o Natal.

A palavra solstício vem do latim solis (sol) e sistere (que não se move), uma referência ao fato de que, neste dia, a luz do Sol se afasta ao máximo do equador terrestre (a linha que divide a Terra no meio) e fica, aparentemente, mais tempo em uma mesma posição no céu durante dois dias (sim, o Sol “se move” durante o ano e não tem uma posição fixa). O Solstício de Inverno era comemorado no dia 25 de dezembro de cada ano, naquela época. Hoje

sabemos que a data corrigida do solstício de inverno para o hemisfério norte é 21 ou 22 de dezembro.

O objetivo das comemorações da Saturnália ou do Sol Invicto era voltado à agricultura e economia local. Os romanos faziam estas comemorações para agradar os deuses para pedir-lhes um inverno menos rigoroso, e que o Sol retornasse invicto na próxima primavera para recomençar o ciclo das

plantações. Os deuses solares eram relacionados com a agricultura por estes motivos.

Mas, onde entra Jesus nesta história?

Durante o século IV, o nascimento de Jesus começou a ser celebrado pelos cristãos, no dia 6 de janeiro. Mais tarde, especificamente no ano de 336 d.C, durante o reinado do imperador Constantino, o Natal começou a ser associado às festividades pagãs. A versão mais aceita é



Lutero e sua família ao lado de um pinheiro enfeitado com velas.
Gravura de J. Bannisten, século 16.

que a Igreja Católica quis enfraquecer os festivais pagãos por motivos políticos, porém, mantendo as datas e alguns elementos, como a referência do nascimento do Sol.

Após muitas controvérsias, o Papa Gregório XIII bateu o martelo e estabeleceu o calendário que nós usamos até hoje (o Calendário Gregoriano), e corrigiu muitas falhas do antigo calendário, o Juliano, incluindo a criação do ano bissexto. Com isto, a igreja de Roma começou a celebrar oficialmente o Natal em 25 de dezembro de 1582.

Árvore de Natal

Dentro da simbologia natalina, há outros elementos com referências à astronomia. A árvore de

Natal é um destes exemplos. É bastante difícil estabelecer a trajetória histórica deste costume, mas a sua origem pertence, inegavelmente, à mais remota antiguidade.

Os antigos povos nórdicos da Europa, por exemplo, tinham uma ligação cultural com os pinheiros em geral, e faziam uso intenso deles durante os seus festivais. Assim, é bem sabido que os sacerdotes pagãos da antiga nação alemã, quando celebravam a primeira etapa do retorno do Sol para o equinócio da primavera, erguiam em suas mãos galhos de pinheiros altamente ornamentados.

Os povos dos países bálticos também enfeitavam suas casas com pinheiros na aproximação do solstício de inverno. Isso aponta para

uma forte probabilidade de que o costume agora cristão de iluminar árvores de Natal seja um eco do costume pagão de considerar o pinheiro como símbolo de um festival solar, o precursor do nascimento do Sol.

Segundo outra versão, em 1530, na Alemanha, em uma noite estrelada, Martinho Lutero caminhava pela floresta, impressionado com a beleza dos pinheiros cobertos de neve. As estrelas cintilavam por trás dos galhos, ajudando a compor a imagem que Lutero reproduziu com galhos de árvore em sua casa. Além das estrelas, algodão e outros enfeites, ele utilizou velas acesas para mostrar aos seus familiares a bela cena que havia presenciado na floresta.

Estrela de Belém

Há várias explicações do que pode ter sido a estrela de Belém nos dias circundaram o nascimento de Jesus. Segundo o astrônomo e professor de astronomia Karlis Kaufmanis, a Estrela de Belém pode ter sido, na verdade, uma conjunção tripla de Júpiter, Saturno e da constelação de peixes, argumento este dito no século XX. Outra hipótese recente diz que a estrela foi uma Supernova ou



Segundo uma das hipóteses, a “estrela de Belém” seria uma conjunção entre Júpiter, Saturno e a constelação de Peixes.

Hipernova que teria explodido perto da galáxia de Andrômeda, na época. Já outra explicação aponta para o cometa Halley.

Kaufmanis supõe que os magos eram astrólogos que previram, juntamente com a antiga tradição hebraica, que esse evento tão esperado iria anunciar o nascimento de Jesus em Belém.

O fato de que o evento ocorreu é inegável. Ele pode ser matematicamente calculado, e pode ser encontrado gravado em antigas tábuas de argila hoje, onde, de acordo com Kaufmanis, a frase, "Júpiter e Saturno em Peixes" é repetida uma e outra vez como se nada mais

importante estivesse acontecendo naquele momento.

Esta é a história do surgimento do Natal, uma festa que, apesar de popular, poucos sabem suas origens. Elas remetem aos astros, os corpos luminosos que guiaram a humanidade para a sua evolução e progresso, e que inspiraram o nascimento da Astronomia, a primeira Ciência desenvolvida pela humanidade.

Felipe Sérvulo graduou-se em Física e tem mestrado em Cosmologia. É astrônomo amador e divulgador científico

Referências:

HANS, J. H. Encyclopaedia Britannica. s.v. Christmas Holiday. Encyclopaedia Britannica, 2018.

KAUFMANIS, K. "The Star of Bethlehem as Seen by an Astronomer" Whitworth University (1985). Forum. Paper 143.

PERRY, J. Christmas in Germany: A Cultural History. University of North Carolina Press. p. 32, 2010.

TIPLER, F. J. The Star of Bethlehem: a type Ia/Ic supernova in the Andromeda galaxy?. The observatory, v. 125, p. 168-174, 2005.

Leitura recomendada:

O Livro de Ouro do Universo, Ronaldo Mourão.



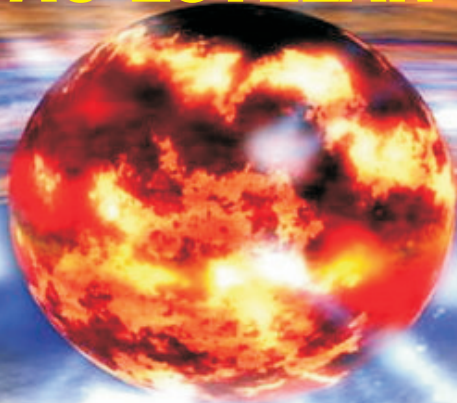


Lua
Astrofotógrafo: Newton Cesar Florencio
Abril/2016
Londina - PR



Galáxia NGC 1365
Astrofotógrafo: Delberson Tiago de Souza
Novembro/2018
Goiás

Uma introdução à EVOLUÇÃO ESTELAR



NASCIMENTO, VIDA E MORTE DAS ESTRELAS

Maria Beatriz B. de Andrade
mbbandrade@outlook.com

A astronomia é uma das mais antigas ciências naturais, sendo que o encanto pelos astros foi algo comum entre diversos povos ancestrais, como os gregos, babilônios e ameríndios. Não é difícil imaginar o porquê, já que nos dias de hoje muitos de nós ainda somos hipnotizados pela exuberância do céu noturno. Porém, atualmente, esse fascínio cresce ainda mais com o amparo de tecnologias que nos permitem conhecer o universo cada vez melhor.

Hoje sabemos, por exemplo, que as estrelas, que a olho nu parecem pequenos pontos luminosos, são, na verdade, massivos corpos de alta temperatura que geram energia nuclear. Assim, com o desenvolvimento das pesquisas em astrofísica estelar foi possível compreender os processos de nascimento, evolução e morte de estrelas, que são os tópicos que esse artigo pretende explorar.

Antes de tudo, as estrelas se formam devido a eventos de turbulência, como a explosão de supernovas, nas proximidades de nebulosas

gasosas, que são nuvens moleculares compostas por poeira e gases. Essas turbulências exercem pressão gravitacional sobre os átomos dos gases das nebulosas, aglomerando-os na forma de glóbulos de gás frio, que entram em colapso devido a essa pressão. Isso faz com que cada glóbulo dê origem a um disco em rotação, que tem, em seu centro, um adensamento que chamamos de protoestrela.

Com o tempo, a pressão no centro da protoestrela aumenta até que se atinja o equilíbrio hidrostático,

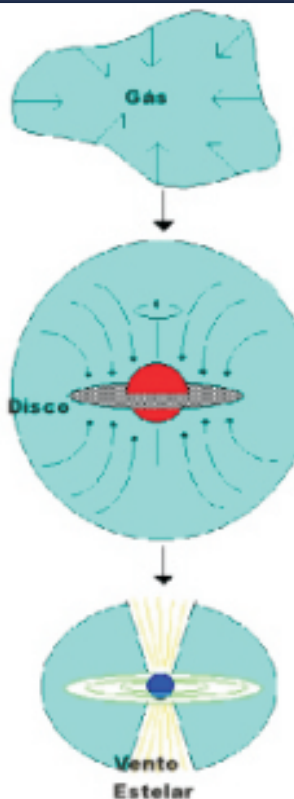


Figura 1 Processo de formação da protoestrela

compensação entre pressão interna e gravidade, interrompendo o colapso. Nesse processo, há um grande aumento na temperatura do núcleo da protoestrela, que passa a ser uma estrela no momento em que essa temperatura está alta o suficiente para fundir hidrogênio em hélio. Posteriormente, parte do material do disco protoestelar é ejetado e

poderá, com o decorrer do tempo, dar origem a um sistema planetário. Entretanto, caso a protoestrela não tenha uma massa grande o suficiente para atingir a temperatura de fusão do hidrogênio, de 8 milhões de Kelvins, ela apenas se tornará uma anã marrom, um corpo celeste de baixa luminosidade.

Quando a estrela inicia o processo de transformar hidrogênio em hélio, ela ingressa na chamada Sequência Principal, que é uma faixa no diagrama de Hertzsprung-Russell que relaciona luminosidade e temperatura superficial das estrelas (Figura 2). Essa etapa ocupa a maior parte da vida de uma estrela e termina no momento em que não há mais hidrogênio em seu núcleo para ser consumido. Sua posição na Sequência Principal, ou seja, o tipo de corpo celeste que ela se torna nessa etapa, depende de sua massa, já que tanto sua luminosidade quanto sua temperatura são determinadas por ela. Estrelas pouco massivas são anãs vermelhas na sequência principal, por exemplo, enquanto outras bem mais massivas tomam a

forma de supergigantes azuis. Outro exemplo é o Sol, que é, na sequência principal, ou seja, atualmente, uma anã amarela.

O destino de uma estrela após a sequência principal é determinado por sua massa e proximidade a outras estrelas. Considerando somente estrelas solitárias, porém, aquelas de massa entre 0,08 e 0,45 massas solares não são capazes de atingir uma temperatura alta o suficiente para fundir o hélio. Portanto, tornam-se anãs brancas, que não entram em colapso devido à manifestação de efeitos quânticos que garantem sua estabilidade. Por sua vez, estrelas com massa superior colapsam pela falta de geração de energia nuclear, o que faz com que suas camadas externas e áreas superficiais se expandam, tornando-as gigantes vermelhas.

Quando a temperatura central de uma gigante vermelha atinge 100 milhões de Kelvins, inicia-se a fusão do hélio em seu núcleo. Através da reação triplo-alfa, três núcleos de hélio se combinam em um núcleo de carbono. À medida que as

estrelas realizam essa transformação, elas passam por um período de instabilidade em que apresentam variações no brilho, sendo chamadas de variáveis. Contudo, quando o hélio nuclear é todo convertido em carbono e parte em oxigênio, elas entram no ramo das supergigantes. Estrelas de até 10 massas solares, nesse momento, terminarão sua vida com um núcleo de carbono, pois seu núcleo nunca será capaz de fundi-lo. Entretanto, estrelas mais massivas fundirão o carbono e, sucessivamente, o neônio, o magnésio e o silício, até chegar a um núcleo de ferro que, por ser o elemento químico com a maior energia de ligação, causa uma consequência catastrófica para seu destino final.

Destino esse que, novamente, está condicionado à massa da estrela. Como já mencionado, uma estrela com massa entre 0,08 e 0,45 massas solares torna-se uma anã branca com núcleo de hélio logo após a sequência principal. Por sua vez, uma estrela com massa entre 0,45 e 8 massas solares passará pela fase de gigante e, depois

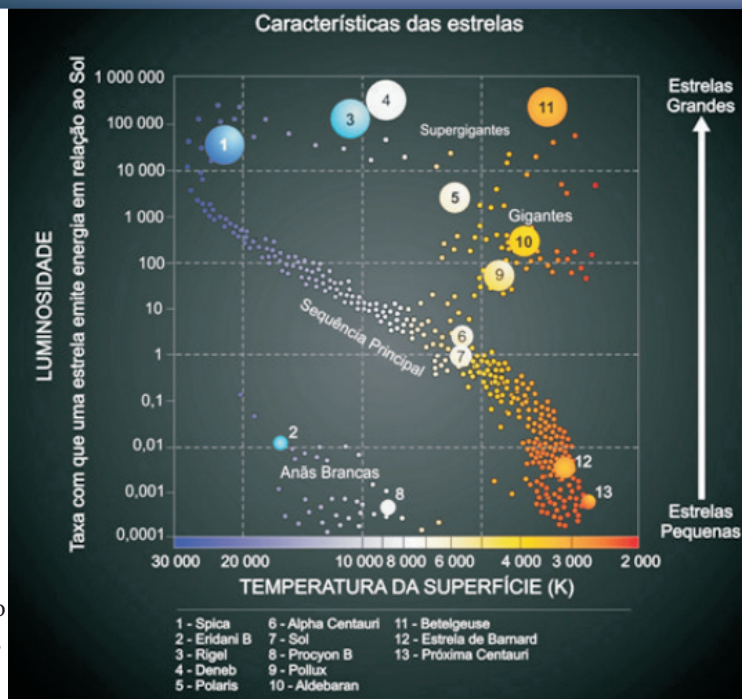


Figura 2. Diagrama de Hertzsprung-Russell.
Disponível em <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node2.htm>

de supergigante, ejetando uma nebulosa planetária e terminando sua vida como uma anã branca com núcleo de carbono e oxigênio. Sem a produção de energia nuclear, só lhe restará energia térmica, e ela esfriará até que se torne um corpo frio, denso e escuro chamado anã negra.

Por outro lado, a “morte” de uma estrela supergigante é catastrófica. Estrelas que possuem entre 8 e 25 massas solares são capazes de fundir o carbono, o neônio,

o magnésio e o silício, porém após a formação do núcleo de ferro, não há mais combustível na estrela para gerar energia, pois elas não são capazes de fundi-lo, devido a ele ter alta energia de ligação. Dessa forma, a estrela não consegue obter mais energia através de reações nucleares. Por conta dessa falta de geração de energia e, consequentemente, causando um desequilíbrio da pressão gravitacional, a estrela tende a implodir. Durante esse processo as

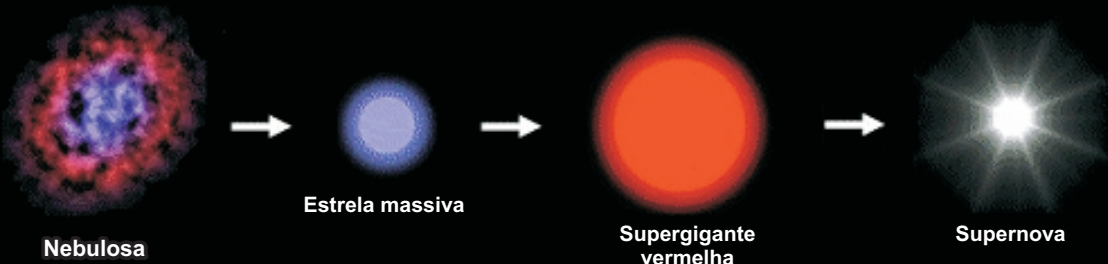


Figura 3 Morte de estrela supermassiva pelo 3ro processo de Supernova

camadas superiores são empurradas com velocidades de milhares de quilômetros por segundo, fenômeno conhecido como explosão de supernova apresentado na Figura 3. Basicamente, esse fenômeno, faz com que sejam espalhados seus materiais pelo universo. Esse material, posteriormente, se mistura a outros gases e poeira presentes nas galáxias que poderão dar

início novos sistemas estelares, planetas e possivelmente até seres vivos.

Por fim, uma estrela com massa superior a 25 massas solares, quando o núcleo chega ao ferro, colapsa, ejetando a maior parte de sua matéria como supernova, restando apenas um grande buraco negro no lugar onde estivera a estrela. A título de curiosidade, o cientista Karl Schwarzschild (1873-1916), em seus estudos, desenvolveu uma equação que prevê o raio do horizonte de eventos de um buraco negro, ou seja, a região teórica ao seu redor na qual a força da gravidade é tão grande que nem mesmo a luz é capaz de escapar. Esse horizonte de eventos é dado pela equação:

$$R = \frac{2GM}{c^2}$$

onde R é o raio, G é a

gravidade universal, M é a massa do buraco negro e c, a velocidade da luz no vácuo. Assim, tudo e apenas aquilo que se encontra nessa faixa radial, exemplificado através da Figura 4, é “devorado” pelo buraco negro que se forma na respectiva região.

Maria Beatriz Barbosa de Andrade
é estudante de bacharelado em
Ciências Biológicas (UFJF)

**Elisabeth Bracher de Andrade
Soares** é estudante de bacharelado
em Matemática (UFJF)

**MSc. Bruno Leonardo do
Nascimento-Dias**
(UFJF/Universidade de Michigan)

Dra. Zélia Maria da Costa Ludwig
(UFJF)

Referências:

Astronomia e Astrofísica Oliveira;
Saraiva; Livraria da Física
Fundamental Astronomy Hannu
Karttunen, Springer

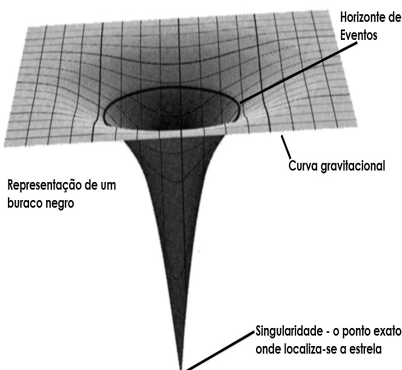


Figura 4 O horizonte de eventos e sua respectiva distância ao centro



Uma breve síntese histórica sobre estudos relacionados à

ORIGEM DA VIDA

Ana Julia Balbi

ana.balbi@engenharia.uff.br

Quando nos deparamos com questões relacionadas ao surgimento da vida na Terra e sobre a possibilidade de a vida poder existir em outros locais do Universo, devemos, antes de tudo, definir este objeto de estudo que é a vida. Há uma imensa dificuldade para definir o que é vida, visto que ainda não existe uma definição e sua concepção conceitual é muito variada. Dentre essas diversas concepções a vida está relacionada como parte constituinte dos seres vivos, que é composto por células e que contém informações genéticas em seu DNA. A NASA, por exemplo, possui uma concepção funcional sobre esse tema, em que vida seria conceitualmente um sistema químico auto-sustentado, capaz de se

reproduzir e sofrer evolução darwiniana.

Durante muitos anos da existência humana, a vida era vista como um milagre divino, um sopro vital que passaria para as próximas gerações através da reprodução. Segundo Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C.), a vida animal era constituída por uma matéria divina, chamada de pneuma. Além disso, ele acreditava que alguns seres menores eram gerados de forma espontânea, pensamento compartilhado posteriormente por outras civilizações, como China, Egito e Índia.

Em seu laboratório, Louis Pasteur, através de seu experimento ilustrado pela Figura 1, concluiu que essa idéia de Aristóteles era falha e com base em seus resultados inferiu que a vida

só poderia surgir de outra vida. Esse processo foi denominado de biogênese. Muitos cientistas ainda defendem a idéia da abiogênese, contudo, por meio de outro viés. A idéia contemporânea infere que a vida se daria através de matéria química orgânica, ou seja, a vida surgindo do não vivo. Esse processo é denominado, atualmente, como formação abiótica da vida. Partindo desta idéia, Charles Darwin (1809 – 1882) sugeriu que esta matéria química seria composta de um caldo nutritivo, que conteria sais de fósforo e amônia. Posteriormente, Aleksandr I. Oparin (1894 – 1980) trabalhou com essa mesma idéia por meio de reações bioquímicas, que se relacionariam através da seleção e competição

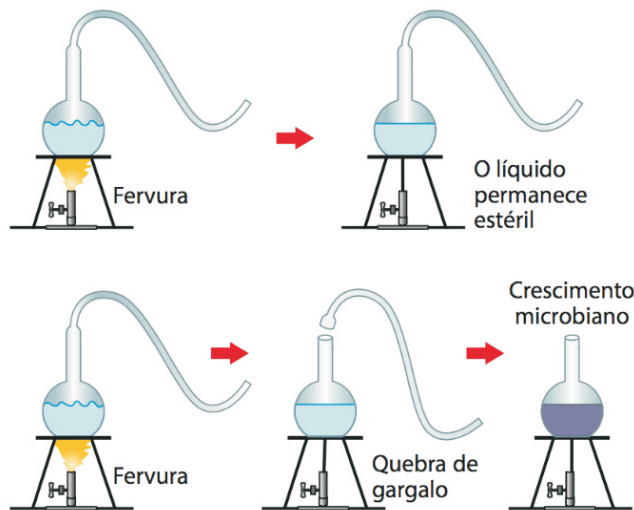


Figura 1 Experimento de Louis Pasteur.

darwiniana. Tendo por fim, Urey e Miller realizando seu experimento utilizando concepções baseadas em reações químicas que formariam de moléculas simples outras mais complexas, tais como aminoácidos Figura 2.

No que cerne a questão da possibilidade de a vida

poder existir em outros lugares fora da Terra existem alguns pontos curiosos. Alguns pensadores, como por exemplo, Anaxágoras e, mais tarde, Giordano Bruno, acreditavam na vida por todo Cosmos, inclusive com a existência de mundos habitados. O interessante é que em análises feitas em meteoritos nos anos 1930, foi comprovada a existência de matéria orgânica oriunda de fora da Terra. Com base nisso, Savante A. Arrhenius (1859 – 1927) sugeriu que a vida pudesse ter se originado no espaço e ter sido transportada através de meteoritos para nosso planeta. Esta suposição é denominada panspermia.

Em geral, a origem da vida tem se mostrado ser uma questão interdisciplinar, por

envolver além de conhecimentos de biologia, também possui relação com a matemática, cosmologia, química, paleontologia e outras. Embora, esta última pareça ser mais palpável para se buscar uma explicação sobre a evolução da vida na Terra, alguns registros fósseis são extremamente difíceis de encontrar. Entretanto, foi possível registrar fósseis de 3,5 bilhões de anos no oeste da Austrália, sendo este o registro fóssil de vida mais antiga comprovada cientificamente.

Embora os seres vivos apresentem muitas variações em cores e formas, são bastante simples em relação a sua composição química estrutural. Nela é possível elencar quatro elementos: carbono, oxigênio, nitrogênio e hidrogênio. Esses elementos constituem cerca de 99% de um organismo vivo. Além disso, eles não são apenas os mais abundantes em um organismo, mas também em todo o Universo. Nesse contexto, a água (H_2O) pode ser visto como o exemplo mais claro dessa combinação. Existem ainda além dela outros compostos, tais como o dióxido de carbono, açúcares, e muitos outros. Assim, toda esta simplicidade e abundância no Universo indicam que a vida, talvez, não seja tão rara

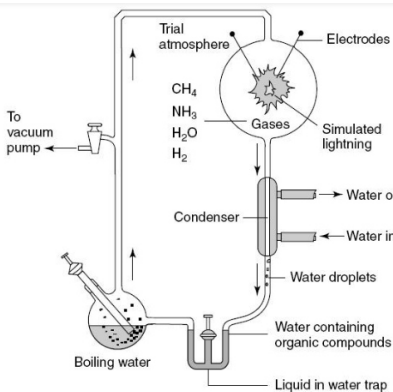


Figura 2 Experimento de Urey-Miller

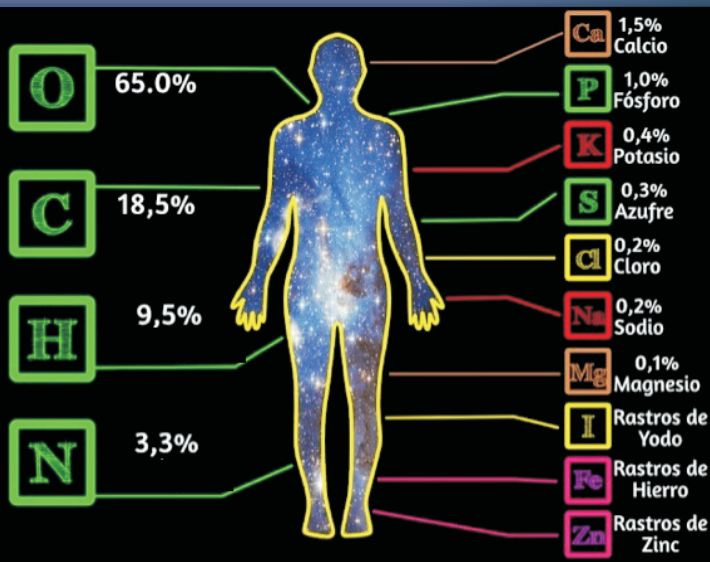


Figura 3 Composição química e sua porcentagem em relação a estrutura dos seres vivos.

como por vezes se pensa.

Uma explicação para o surgimento da água em abundância na Terra, bem como o surgimento de compostos essenciais para a vida, como os aminoácidos, é o transporte destes por meio dos cometas. Esta explicação torna-se válida pelo motivo de ter havido um bombardeio destes durante formação de nosso planeta (Figura 4). Todavia, não é possível precisar se apenas isso foi o suficiente para a origem e formação da vida na Terra.

É difícil apontar o momento exato do surgimento da vida na Terra (Figura 5). Mesmo que o senso comum leve a pensar que a vida demorou longos anos para ocorrer, alguns dados comprovam o

contrário. Apesar de bastante controverso, foi encontrado indicações de contaminação biológica em uma das formações rochosas mais antigas do planeta, em Isua, na Groelândia. Alguns

experimentos com grafite dessa região indicam uma alteração no carbono com cerca de 3,8 bilhões de anos, em relação ao encontrado em restos vegetais atuais. Essa alteração pode ter sido desencadeada por fotossíntese, porém, este é um processo complexo e que ainda precisa ser visto e revisto com bastante cuidado.

A formação de vida na Terra parece ter sido gerada tão cedo e tão rapidamente que, por vezes, produz especulações sobre a existência dela em outros planetas. Aparentemente, a probabilidade parece ser alta, visto que somente em nossa galáxia há trilhões de planetas. Além disso, em todo o Universo, há em torno de milhões de bilhões de galáxias como a nossa. Muitos acreditam que diante



Figura 4 Representação pictórica do Bombardeamento Tardio Pesado que teria ocorrido na Terra.

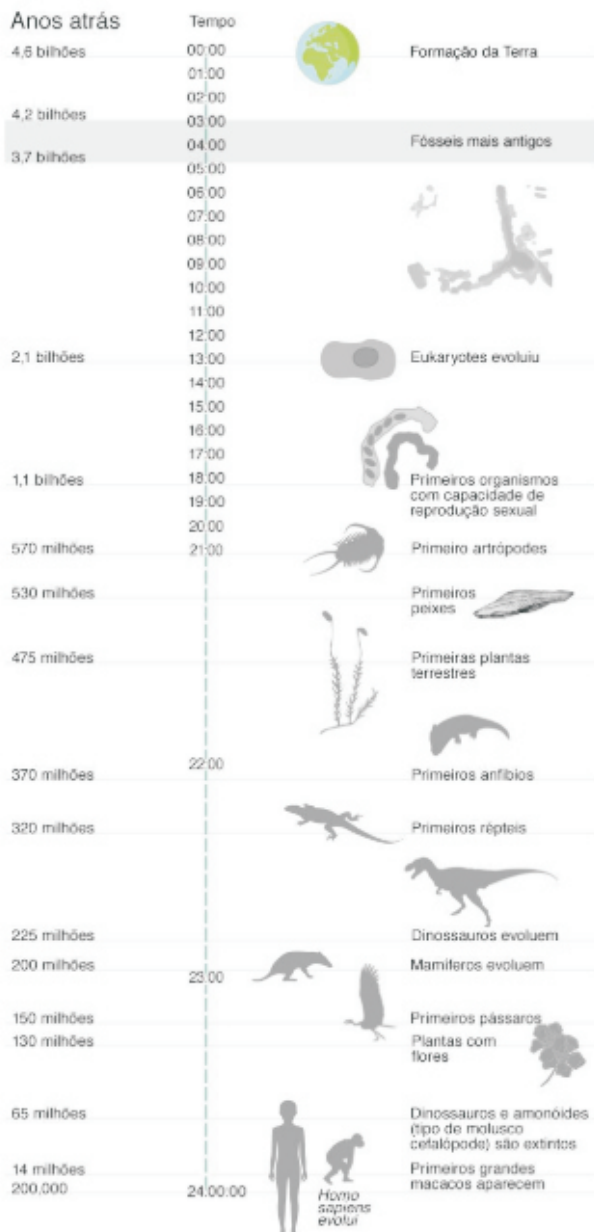


Figura 5 Escala de tempo de aparecimento dos organismos vivos em nosso planeta

da formação tão precoce da vida na Terra, talvez fosse possível que ela já estivesse pronta quando surgiu em nosso planeta.

Todavia, enquanto temos somente a Terra como parâmetro para explicar a origem e a evolução da vida, não será possível ter uma teoria geral da vida. Portanto, a importância de olhar para além de nosso planeta em busca de vida torna-se, não só uma mera vontade de saciar uma curiosidade, mas também de entender o passado e talvez o futuro da vida através de uma visão ampla e cósmica.

Ana Julia Balbi é estudante de graduação de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

MSc. Bruno Leonardo do Nascimento-Dias (UFJF/Universidade de Michigan)

Dra. Zélia Maria da Costa Ludwig (UFJF)

Referências:

DAMINELLI, Augusto; DAMINELLI, Daniel Santa Cruz. *Origins of life*. Estudos avançados, v. 21, n. 59, p. 263-284, 2007.

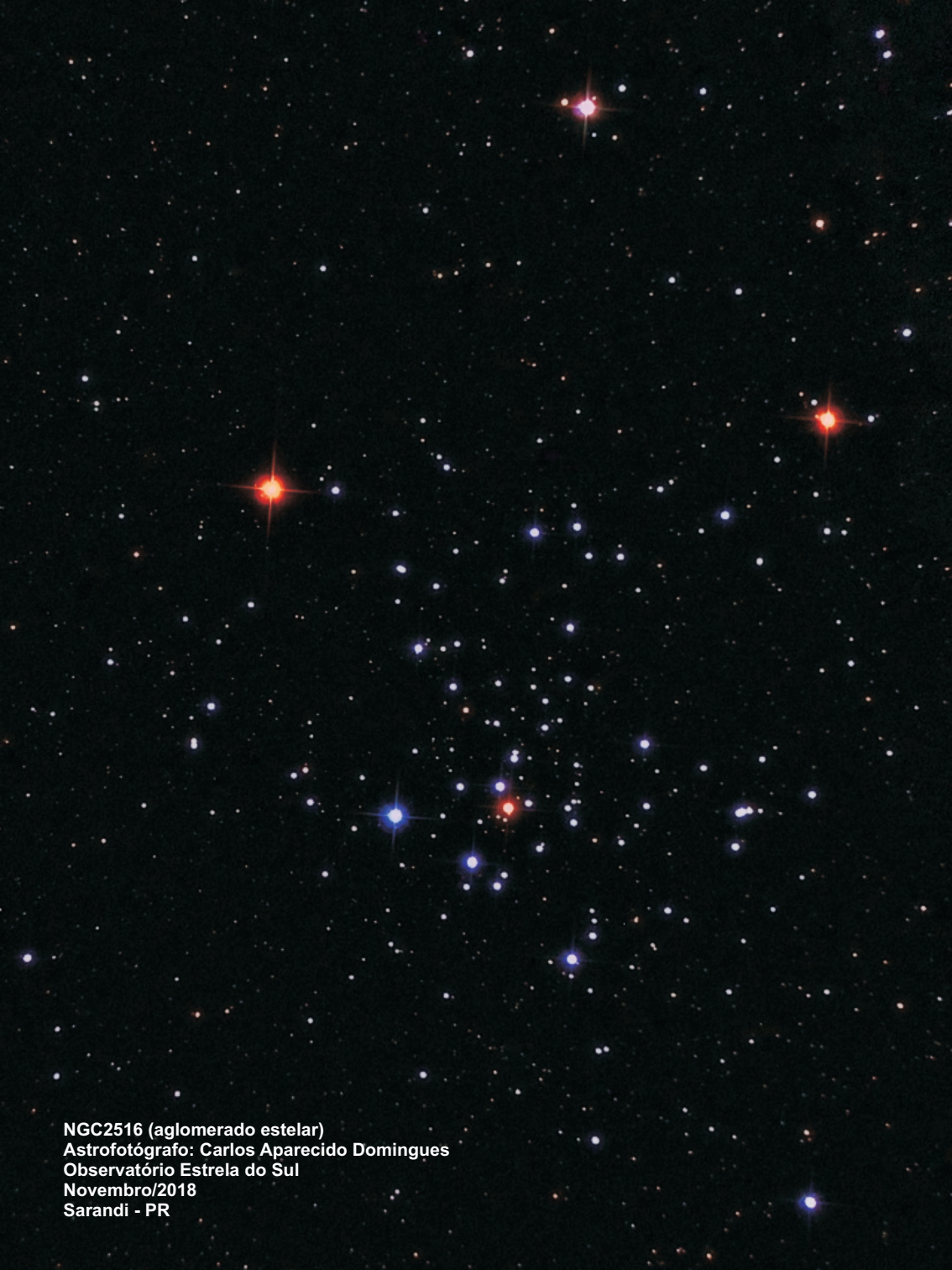
FRIAÇA, Amâncio César Santos. Subjetividade no reconhecimento da vida no universo. *Revista Brasileira de Psicanálise*, v. 44, n. 3, p. 93-101, 2010.

FRIAÇA, Amâncio César Santos. Terra, um jardim no Cosmos. *Página 22*, n. 46, p. 40-41, 2010.

COELHO, Luciene da Silva. Formação de moléculas orgânicas em ambientes interestelares. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.



Nebulosas Cabeça de Cavalo e Chama - IC434 e NGC2024
Astrofotógrafo: Adriano de Oliveira
Novembro/2018
Piraí - RJ



NGC2516 (aglomerado estelar)
Astrofotógrafo: Carlos Aparecido Domingues
Observatório Estrela do Sul
Novembro/2018
Sarandi - PR



ASTROBIOLOGIA

Uma breve concepção introdutória

Vitor André Rodrigues

vitor-var@hotmail.com

O homem sempre tentou entender o mundo ao seu redor, sendo assim, é natural que perguntas como “de onde viemos?”, “como surgimos?” e “para onde vamos?” rodeiem nossas mentes até os dias de hoje. Vemos perguntas como essas sendo feitas, por exemplos, pelos filósofos gregos, que tentavam explicar o mundo a sua volta e a sua origem através de elementos da natureza.

Por conta deste interesse em

querer compreender essas questões relacionadas à origem, evolução e distribuição da vida no universo é que passamos a trabalhar com a área científica que por definição possui esse objetivo, a Astrobiologia. Ela se destaca não apenas pelo que se propõe, mas também por sua interdisciplinaridade com diversas áreas, tais como a biologia, física, geologia, química e outras ilustradas na figura 1. Nota-se por essas características únicas que ela se difere da

exobiologia, em que o enfoque principal era estudar a vida extraterrestre.

A Astrobiologia não é um campo novo na área científica, mas apenas uma nova perspectiva para tratar do tema. Essa abordagem já vem sendo utilizada desde a década de 1940, porém foi oficializado pela NASA apenas em 1998, quando foi criado o Instituto de Astrobiologia da NASA (Figura 2). Desse modo, a astrobiologia passou a ser a área que se preocupa e busca entender em que condições

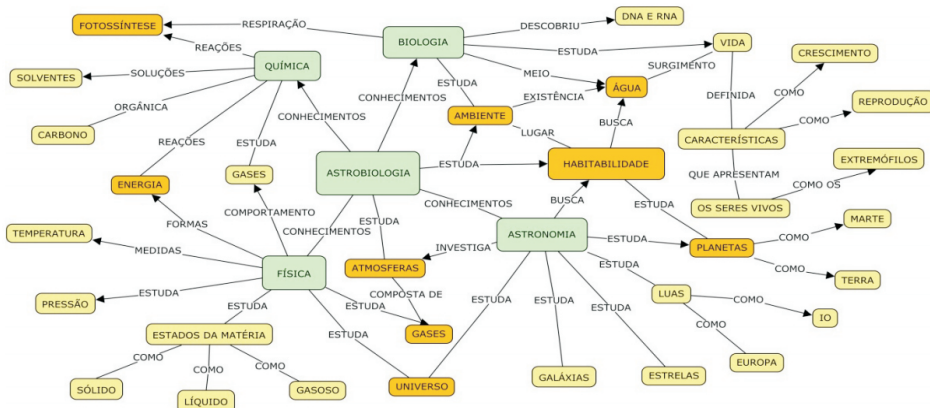


Figura 1 Mapa de conceitual das áreas do conhecimento científico relacionadas a Astrobiologia e como se relacionam interdisciplinarmente com seus respectivos assuntos.

Fonte: Da Silva et. al., 2016

a vida poderia surgir e se estabelecer.

A Astrobiologia com certeza traz fortes motivações e interesses aos jovens cientistas de hoje em dia. Embora descoberta de vida extraterrestre possa parecer distante de acontecer, só a possibilidade de existência de vida em outros planetas já é o suficiente para despertar o interesse pela área.

Dessa forma, a Astrobiologia parece ser uma área extremamente promissora. Ela nos faz refletir sobre a possibilidade de a vida poder existir ou ter existido

em outros lugares no Universo, nos faz pensar sobre nossas origens (do Universo, da Vida e da Consciência). Embora muitas dúvidas existam e necessitem ainda serem sanadas. A Astrobiologia nos faz ter a certeza de que o futuro nos trará um entendimento maior de como a Vida e o Universo podem estar interligados.

Vitor André Rodrigues é estudante de graduação de Ciências Biológicas (UFJF)

MSc. Bruno Leonardo do Nascimento-Dias
(Universidade de Michigan)

Dra. Zélia Maria da Costa Ludwig
(UFJF)

Referências:

DA SILVA, Lizangela Maria Almeida
et al. Astrobiologia no ensino de
ciências: uma abordagem
interdisciplinar e transdisciplinar para
professores do ensino fundamental.
2016.

BLUMBERG, Baruch S. The NASA Astrobiology Institute: early history and organization. *Astrobiology*, v. 3, n. 3, p. 463-470, 2003.

RODRIGUES, Fabio et al.
Astrobiology in Brazil: early history
and perspectives. International
Journal of Astrobiology, v. 11, n. 4, p.
189-202, 2012.

PAULINO-LIMA, Ivan Gláucio:
LAGE, Claudia de Alencar Santos.
Astrobiologia: definição, aplicações,
perspectivas e panorama brasileiro.
Boletim da Sociedade Astronômica
Brasileira, v. 29, n. 1, p. 14-21, 2010.

Leitura recomendada:

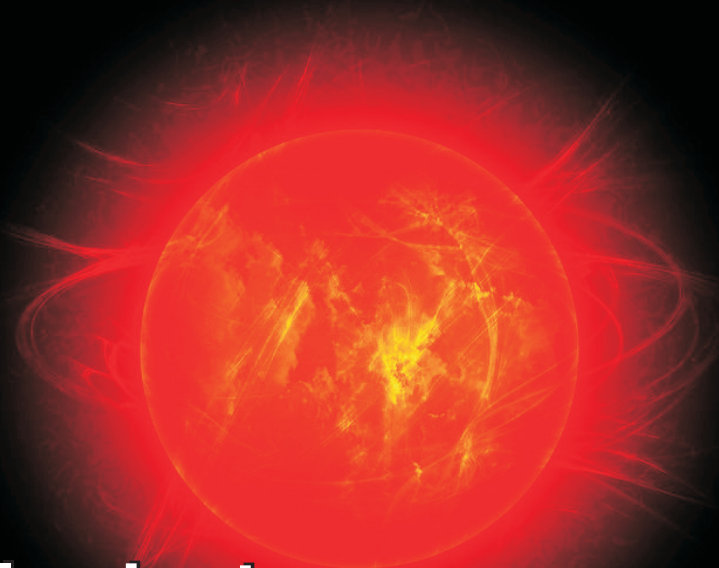
Astrobiologia - Uma Ciência Emergente



NASA ASTROBIOLOGY INSTITUTE
Understanding Life on Earth and Beyond

Figura 2 Imagem representativa da logo NAI (sigla em inglês)





Estrelas gigantes VERMELHAS

Rafael Cândido Jr.
eletrorafa@gmail.com

No artigo da edição anterior vimos que as estrelas em sua maioria se encontram na Sequência Principal do diagrama de Hertzsprung-Russel e para estar nesta diagonal a estrela deve ter duas características:

- Equilíbrio hidrostático, ou seja, há um equilíbrio entre a pressão gravitacional, que tende a colapsar a estrela, e a pressão térmica causada

pela fusão nuclear, que tende a expandir a estrela.

- Fusão nuclear do hidrogênio pela cadeia próton-próton.

Ao longo de sua vida na Sequência Principal, a estrela consome o hidrogênio gerando hélio, o qual se acumula no núcleo da estrela por ser mais pesado que o hidrogênio. Assim, ao fim do hidrogênio, a posição da estrela no diagrama H-R muda de região.

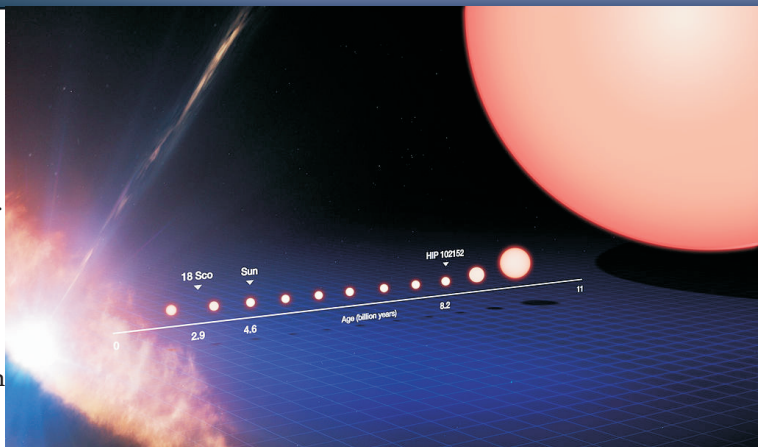
As estrelas com massa entre 0,5 a 8 massas solares, quando chegam numa quantidade mínima limite de hidrogênio no núcleo, tem seu equilíbrio hidrostático alterado de modo que o núcleo estelar comprime-se e as camadas mais externas da estrela começam a expandir-se.

Nesse limite, o pouco hidrogênio que ainda resta é transportado para a área mais exterior do núcleo formando uma 'casca' de

hidrogênio onde a pressão e a temperatura são suficientes para ocorrer a fusão.

A massa da estrela influencia o que acontecerá. Se tiver menos que 2,5 massas solares, ocorre a formação de gás de elétrons degenerados na compressão do núcleo. O conceito de degeneração da matéria vem da Mecânica Quântica e sua compreensão não é objetivo deste artigo. Podemos dizer em termos gerais que um gás degenerado não obedece às leis clássicas, ou seja, sua pressão não é proporcional à sua temperatura e densidade.

Assim, o núcleo é aquecido



Evolução de uma estrela de uma massa solar ao longo do tempo desde a nuvem primordial até tornar-se uma gigante vermelha. São mostradas as estrelas 18 Sco, Sol e HIP 102152 e suas idades em bilhões de anos.

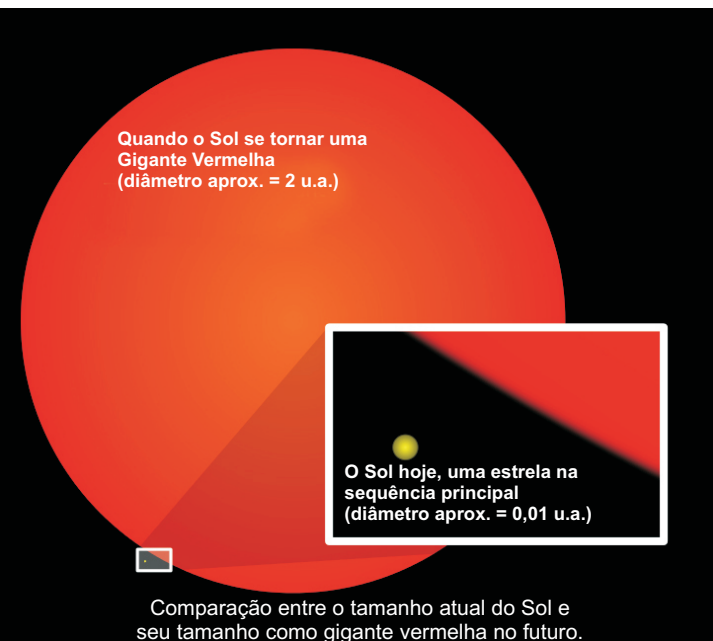
Fonte: ESO/M. Kornmesser.

com esse gás degenerado até a temperatura de 100 milhões de graus Celsius, o que ocasiona o início da

fusão do hélio pelo processo triplo-alfa. Este evento é denominado flash de hélio.

Este flash não é diretamente observável na superfície da estrela pois a energia gerada é absorvida pelo gás de elétrons degenerados alterando seu estado para não-degenerado. Em uma estrela de 1 massa solar estima-se que a energia liberada num flash de hélio é 100 bilhões de vezes maior que a energia gerada antes desse evento ocorrer, e isso em poucos segundos. Embora o processo seja violento, a integridade da estrela não é afetada.

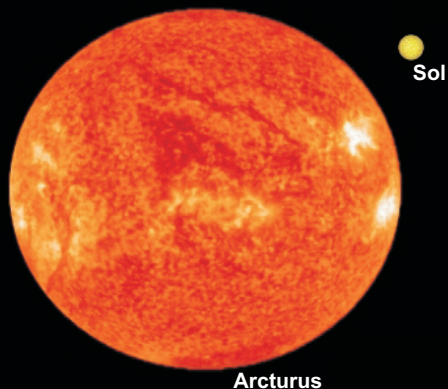
Em estrelas com massa maior que 2,5 massas solares não apresentam flash de hélio pois o núcleo não apresenta gás de elétrons



Quando o Sol se tornar uma Gigante Vermelha (diâmetro aprox. = 2 u.a.)

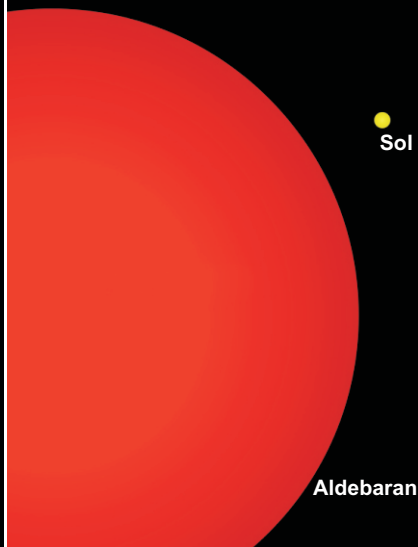
O Sol hoje, uma estrela na sequência principal (diâmetro aprox. = 0,01 u.a.)

Comparação entre o tamanho atual do Sol e seu tamanho como gigante vermelha no futuro.



Arcturus

Comparação entre o tamanho atual do Sol e a estrela Arcturus (α Bootis). Concepção artística.



Aldebaran

Comparação entre o tamanho atual do Sol e a estrela Aldebaran (α Taurus). Concepção artística.

degenerados e a fusão do hélio ocorre pela compressão gravitacional da massa estelar e de uma forma muito mais suave.

O início da fusão do hélio põe fim à transição para gigante vermelha e coloca a estrela numa região do diagrama H-R denominada ramo horizontal, na qual a estrela se mantém estável por milhões de anos.

As camadas mais externas de uma estrela gigante vermelha tem ligação gravitacional mais fraca, isso causa um aumento na emissão do vento solar destas estrelas. Com o aumento do tamanho da estrela, aumenta sua área de

distribuição da energia, tornando a estrela mais luminosa, mais fria e menos densa.

Estima-se que dentro de 5 bilhões de anos, o Sol terá consumido todo o hidrogênio do seu núcleo e se tornará uma gigante vermelha. Neste processo irá engolfar Mercúrio, Vênus e, provavelmente, a Terra. Sua luminosidade poderá ser 2700 vezes maior do que a luminosidade atual e sua temperatura da superfície cair dos 6000 °C para 3500°C.

Embora o processo de transição para uma gigante vermelha altere o sistema destruindo planetas, ao

estabilizar seu tamanho surge uma nova região habitável, ou seja, na qual a temperatura de um planeta em torno de uma gigante vermelha pode manter a água líquida.

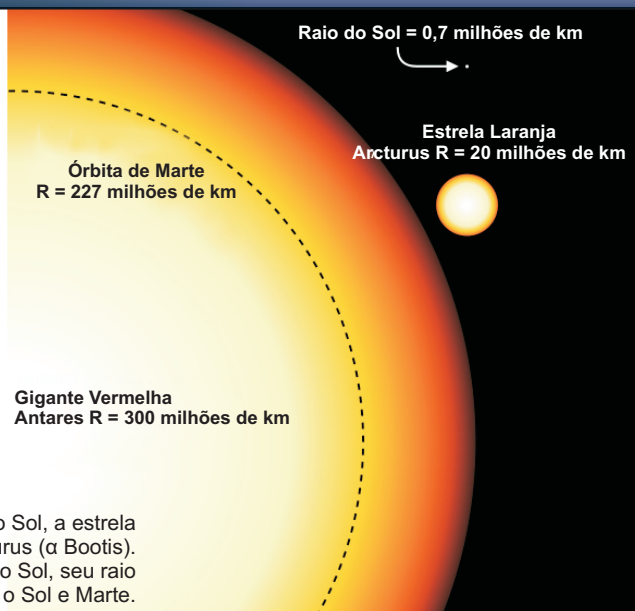
Para uma estrela de 1 massa



Betelgeuse (α Orionis) registrada pelo telescópio ALMA no Chile. Pela primeira vez este telescópio registrou a superfície de uma estrela. Sua temperatura superficial é estimada em 3600 K.

solar, esta região varia entre 2 a 9 unidades astronômicas (lembrando que 1 unidade astronômica = distância da Terra ao Sol). Como esta estabilidade estelar poder durar centenas de milhões de anos, a vida poderia se desenvolver nos planetas que orbitam uma gigante vermelha.

Por fim, uma estrela gigante vermelha, ao deixar o ramo horizontal, poderá seguir para diferentes regiões do



Comparação entre o tamanho atual do Sol, a estrela Antares (α Scorpii) e a estrela Arcturus (α Bootis). Se Antares fosse colocada no lugar do Sol, seu raio seria maior que a distância entre o Sol e Marte.

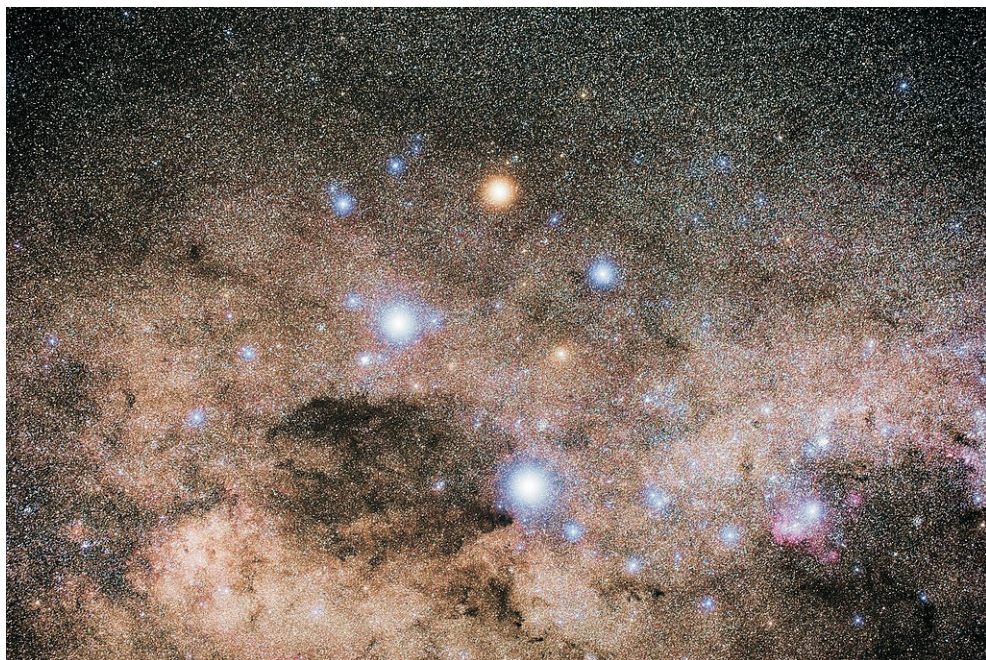
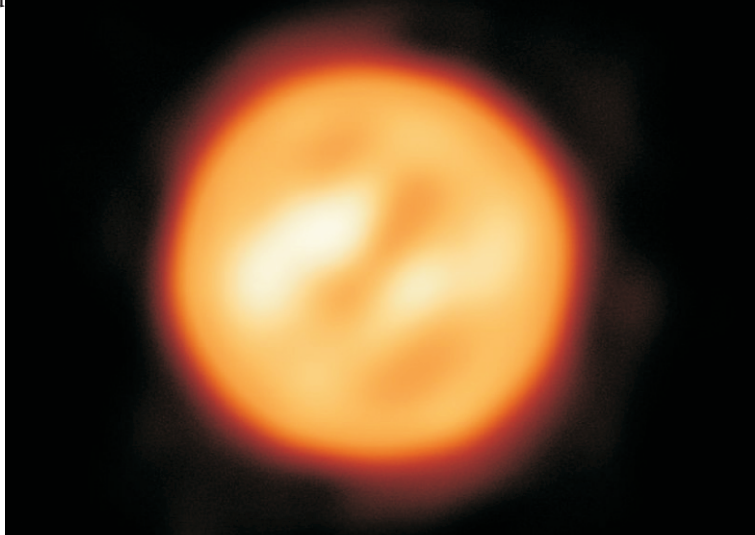


Foto de longa exposição da constelação do Cruzeiro do Sul destacando-se a luminosidade da vermelha Gacrux (γ Crucis). Autor: Naskies.

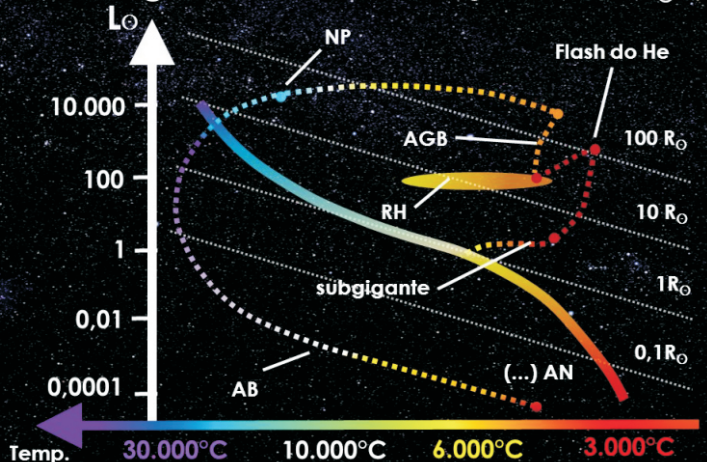
diagrama H-R como o ramo assintótico das gigantes vermelhas ou a região do red clump. Ao final do consumo de hélio a estrela chegará ao fim gerando uma nebulosa planetária, anã branca e uma anã negra.

Como as estrelas gigantes vermelhas possuem uma luminosidade muito alta, você pode encontrá-las facilmente no céu. Além de muito brilhantes possuem a cor vermelha característica. Como exemplos temos Aldebaran (alfa da constelação do Touro), Antares (alfa da constelação do Escorpião), Arcturus (alfa

Usando o Very Large Telescope Interferometer (VLTI) da ESO foi reconstruída a imagem detalhada da estrela Antares. Fonte: ESO/K. Ohnaka.



No Diagrama H-R: evolução de $1M_{\odot}$



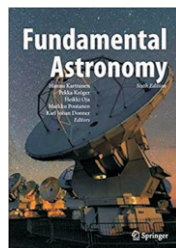
Grédito: André Luiz da Silva/ CDA/ CDCC/ USP, baseada em figura de Chaisson & McMillan, Astronomy Today

Evolução de uma estrela de 1 massa solar no diagrama H-R. Nota-se o aumento do raio da estrela até ocorrer o flash de hélio e as passagens pelo ramo horizontal (RH), ramo assintótico das gigantes (AGB, do inglês asymptotic giant branch), nebulosa planetária (NP), anã branca (AB) e, finalmente, anã negra (AN).

da constelação do Boieiro, Betelgeuse (alfa da constelação de Órion) e Gacrux (gama da constelação do Cruzeiro do Sul).

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





Nebulosa de Órion
Astrofotógrafo: Wagner Fazcar
03/03/2018
Aracaju-SE

TERRAFORMING MARS

Um jogo para aprender o processo de terraformação

Ricardo Francisco Pereira

ricardoastronomo@gmail.com

O objetivo desse texto é compartilhar um pouco da minha paixão por jogos e pela Astronomia, indicando um excelente jogo envolvendo essa temática, por isso não será abordada a questão do jogo solo ou das 2 expansões (Prelúdio e Venus Next) que o jogo já possui e nem todas as regras e opções do jogo para focar na essência dele.

Falaremos sobre o jogo e a sua dinâmica para que vocês possam conhecer um pouco dele, entretanto não é meu objetivo que esse texto seja um tutorial de como jogar. Para aprender a jogar,

recomendo que você assista ao excelente vídeo tutorial: TerraformingMars – Aprenda jogando – Jack Explicador: www.youtube.com/watch?v=MM10XekpaqU

TerraformingMars (na tradução literal: Terraformando Marte) é um jogo criado por Jacob Fryxelius e produzido, traduzido e vendido no Brasil pela empresa Meeple BR. Também tem uma versão digital sendo vendida pela Steam, mas essa versão está totalmente em inglês por enquanto.

O jogo pode ser jogado com 1 até 5 jogadores, com idade recomendada de 14 anos

para cima e com tempo de jogo estimado entre 120 e 150 mim (Isso quando todos os jogadores já têm domínio das regras e da jogabilidade, quando tem jogador(es) que precisam aprender a jogar, o tempo facilmente ultrapassa as 3 horas de duração) e é um dos poucos jogos de tabuleiro que é possível jogar sozinho (jogo solo), que possui regras próprias e representa um grande desafio ao jogador. Não é nada fácil ganhar o jogo no modo solo porque a terraformação de Marte tem que ser finalizada em certo prazo (de rodadas, não de tempo).

Esse jogo já ganhou várias premiações e atualmente



Cada jogador recebe um pequeno tabuleiro onde gerencia a quantidade de recursos que tem e o nível de produção deles. São 6 recursos: Megacrédito (dinheiro marciano), aço, titânio, plantas, energia e calor.

Tirando os megacréditos (por motivos óbvios), os outros recursos dão algum tipo de vantagem para o jogador:

ocupa a 4º colocação em um dos principais rankings mundiais de jogos de tabuleiro (ranking do site www.boardgamegeek.com).

De forma resumida para que o texto não fique massivo de ler, a história do jogo se passa no ano 2174, onde a Terra está com uma superpopulação e com os recursos diminuindo rapidamente. O Governo Mundial inicia a empreitada de terraformar Marte para que ele possa sustentar uma colônia humana. O processo de terraformação é empreendido por várias corporações (empresas) ao longo do tempo para conseguir alcançar o objetivo de tornar o planeta Marte habitável.

Cada jogador representará uma corporação e executará projetos, eventos e ações que ajudem a tornar Marte habitável. No jogo base são 17 cartas de corporação (as expansões acrescentam mais

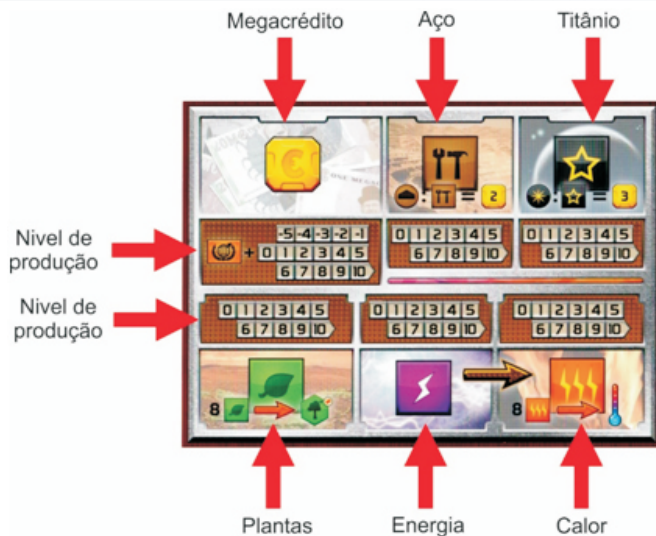
algumas).

Os projetos executados no jogo ajudam as corporações a aumentarem seu índice de terraformação (pontuação no jogo). Para que a superfície marciana sustente a vida humana, 3 parâmetros globais do planeta precisam ser drasticamente alterados: 1) a temperatura média do planeta precisa subir de 30°C negativo para 8°C positivo; 2) o nível de oxigênio da atmosfera precisa aumentar de 0% para 14%; 3) é necessário conseguir uma quantidade específica de água na superfície ou que se consiga achar aquíferos no subsolo do planeta.

Esse é um jogo de gerenciamento de recursos, ou seja, é necessário que os jogadores produzam recursos para que possam realizar suas ações, projetos e eventos que os ajudem completar a terraformação.

- Algumas classes de cartas de projetos podem ser pagas (totalmente ou parcialmente) usando aço na proporção de 1 unidade de aço valendo 2 megacréditos. O mesmo vale para o titânio: é possível pagar por alguns tipos de cartas usando o titânio, mas agora a proporção é de 1 unidade de titânio valendo 3 megacréditos;

- Quando um jogador possuir 8 unidades de plantas, se ele quiser, ele pode executar uma ação no jogo e trocar essas unidades de plantas por uma vegetação (floresta), que é representada no jogo por um tile (peça) que é colocada no tabuleiro e isso sobe o parâmetro global de oxigênio na atmosfera. Isso também pode ser realizado diretamente com o



jogador pagando uma certa quantia de megacréditos e realizando o projeto padrão chamado Vegetação, colocando um tile no tabuleiro e elevando o nível de oxigênio;

- Quando um jogador possuir 8 unidades de calor, se ele quiser, ele pode executar uma ação no jogo e trocar essas unidades de calor por uma elevação no nível de temperatura. Isso também pode ser realizado com o jogador pagando uma certa quantia de megacréditos e realizando o projeto padrão chamado Asteroide e elevando em 1 nível a temperatura do planeta;

A quantidade de água

necessária no jogo é representada por 9 tiles (peças) que representam aquíferos e devem ser jogadas no tabuleiro em

alguns lugares específicos. Para colocar esses aquíferos, é necessário realizar projetos ou eventos por meio de algumas cartas ou realizar o projeto padrão chamado Aquífero, pagando uma certa quantia de megacréditos.

Também é possível construir cidades em Marte, seja por meio de projetos a partir de cartas como por meio de um projeto padrão. A construção de cidades não eleva nenhum parâmetro global, mas ao final do jogo, cada jogador ganhará 1 ponto no índice de terraformação por cada tile (peça) de floresta do lado das suas cidades.

A dinâmica do jogo funciona por meio de gerações e cada



geração é composta de várias rodadas até que nenhum jogador possa ou queira fazer mais ações. Quando se inicia uma nova geração, os jogadores recebem os recursos proporcionais às suas respectivas produções e uma nova série de rodadas se inicia com os jogadores realizando ações até que ninguém mais consiga ou queira realizar ações. Assim as rodadas e gerações vão se sucedendo até que a terraformação de Marte seja completada.

Os projetos a serem realizados no jogo são divididos em diferentes tipos dependendo das cartas. Os projetos mais básicos melhoram a sua capacidade de produzir recursos e tem as bordas na cor verde.

As cartas de projetos com as bordas na cor azul são projetos especiais que lhe dão direito a um benefício quando uma certa condição é alcançada ou lhe permite realizar uma determinada ação, em ambos os casos, tudo é explicado nas cartas.

As cartas com as bordas na cor vermelha são especiais porque lhe dão benefícios por meio de algum evento no planeta durante o processo de terraformação, por exemplo: colidir um asteroide na superfície do planeta para aumentar a

temperatura na superfície e conseguir metais, ou trazer um cometa para a atmosfera de Marte para conseguir água.

O jogo ainda apresenta uma forma de realizar alguns projetos específicos sem o uso de cartas, somente pagando o custo do projeto, entretanto são opções bem limitadas em relação aos projetos nas cartas. São os chamados Projetos Padrão (que estão marcados no próprio tabuleiro de Marte).

O jogo possui 208 cartas de projetos (as expansões acrescentam mais cartas de projetos), mais os 6 projetos padrão e isso faz com que cada vez que se jogue seja completamente diferente da outra porque o número de possibilidades de projetos que é possível fazer é imenso.

Nesse tipo de jogo de gerenciamento de recursos e com uma imensa possibilidade de realização de projetos, é impossível

iniciar o jogo com uma estratégia. Ela precisa ser elaborada a partir de sua corporação e a das cartas que vão saindo nas mãos dos jogadores. Eu já joguei várias vezes com outras pessoas e também no modo solo e nunca repeti uma estratégia. Cada vez que eu joguei foi muito diferente uma da outra e isso é um grande diferencial desse jogo, você pode jogar muitas vezes e nunca será repetitivo, até mesmo no modo solo.

Complementando a questão do gerenciamento de recursos e das estratégias, o jogo tem outro diferencial, sua dinâmica é colaborativa-competitiva, ou seja, os jogadores precisam colaborar para alcançar um objetivo global, mas há uma competição entre as corporações (jogadores) para ver quem mais colabora para terraformar Marte e isso é marcado pelo Índice de Terraformação.





O jogo é muito legal porque o autor (Jacob Fryxeliuss) estudou muito a questão da terraformação da superfície de Marte para poder arquitetar coerentemente as regras e dinâmica do jogo com os projetos e eventos a serem realizados e em como os parâmetros globais precisam ser modificados para que o planeta possa sustentar a vida humana. Obviamente ainda estamos muito longe de ter a capacidade de transformar artificialmente a superfície

de outro planeta, mas o que o autor incorpora no jogo envolve muito do que os cientistas da atualidade pensam ser necessário para completar uma terraformação.

A partir de todo o exposto, considero que o jogo é um excelente recurso para entender o conceito de terraformação e também ter a real noção do imenso desafio tecnológico que envolve esse processo e, como consequência, o jogo também pode levar os participantes a refletirem na importância de se preservar nosso meio ambiente e recursos naturais para que a nossa civilização ainda possa viver nesse planeta por muitas gerações.

Depois de tudo que eu apresentei, muitos podem achar que o jogo é muito difícil de ser jogado, mas eu garanto que apesar de ele ter um certo nível de complexidade, porque envolve estratégia e gerenciamento de recursos,

a dificuldade é só na primeira vez que se joga porque você está conhecendo as regras e a dinâmica de jogo (isso eleva consideravelmente o tempo de jogo), entretanto nas próximas vezes que for jogar, o nível de dificuldade será bem menor, assim como o tempo de jogo.

Para finalizar, quem tiver a possibilidade de jogar, aproveitem porque é um jogo que une diversão, aprendizagem e Astronomia. Não à toa é um dos líderes de um dos melhores *rankings* mundiais para jogos de tabuleiro e não há muitos jogos profissionais que entregam a mesma coisa.

Ricardo F. Pereira é professor no depto. de Física da UEM. É doutor em Educação para a Ciência e a Matemática e coordenador da páginas **Recursos de Física**

Leitura recomendada:

O plano da NASA para transformar Marte em um planeta habitável:
<https://www.bbc.com/portuguese/geral-39164794>

Terraformação de Marte:
https://pt.wikipedia.org/wiki/Terraformacao%3CA7%C3%A3o_de_Marte

Entenda a Terraformação, o plano para deixar Marte mais habitável:
<https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/blog/cassio-barbosa/post/2018/08/10/entenda-a-terraformacao-o-plano-para-deixar-marte-mais-habitavel.ghtml>





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.



BATALHA DO UNIVERSO

Um jogo de tabuleiro com “quase tudo” o que há no Cosmos

Ricardo Francisco Pereira
ricardoastronomo@gmail.com

O contexto: mesmo com todo nosso conhecimento atual, ainda sabemos muito pouco sobre o Universo, tudo o que observamos estão a distâncias inimagináveis e por causa disso é muito difícil explorá-los. Estudar o Universo somente a partir da luz que enxergamos, que chamados de radiação visível, não é suficiente para enxergar e entender tudo o

que está acontecendo lá fora, na prática, a maior parte do que conhecemos sobre o Universo não é detectável pelos nossos olhos, mas sim em uma forma de luz, que chamamos de radiação, não visível.

São 7 os tipos de radiações existentes que compõem o que chamamos de espectro eletromagnético, são elas: Ondas de Rádio, Microondas, Infravermelho,

Visível (o que enxergamos), Ultravioleta, Raios X e Raios Gama. Cada uma dessas radiações (não confunda com radioatividade) tem características e propriedades diferentes. Quando estudamos o Universo a partir das diferentes radiações, vemos coisas diferentes e obtemos informações diferentes, é a junção dessas informações que mostram um quadro mais completo do Universo para que possamos entendê-

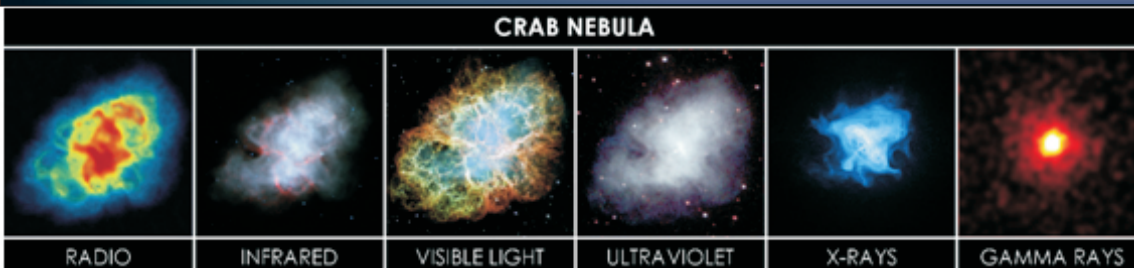


Figura 1 Nebulosa do Carangueijo (Crab Nebula) vista por radiações de diferentes frequências

lo um pouco melhor.

Nas figura 1 e 2 vemos respectivamente a nebulosa do carangueijo e a galáxia de Andrômeda observadas a partir de diferentes radiações eletromagnéticas, ou seja, por tipos diferentes de luz. Percebam como cada tipo de radiação mostra uma informação diferente. Para entender o Universo, é necessário estudá-lo a partir de várias radiações diferentes.

O jogo aborda essa questão das diferentes radiações para estudar o Universo e um pouco do que já conhecemos sobre ele. As cartas de radiações que compõem o jogo trazem imagens reais de objetos ou eventos específicos para a radiação indicada.

Além das radiações pela qual observamos o Universo, no jogo também há imagens de alguns telescópios terrestres e espaciais que

nos ajudam a compreender mais sobre o Universo e também de outros objetos e fenômenos conhecidos no Universo (sem ser em uma carta de radiação).

Sobre o jogo

A princípio este jogo não foi desenvolvido para ser um jogo educativo, mas sim para ser um jogo de entretenimento e diversão que envolve a temática de Astronomia, mais especificamente sobre o Universo. Para jogar não é necessário ter conhecimento de Astronomia e ainda ele pode servir como catalisador para se interessar mais por Astronomia e até mesmo para uma eventual discussão e/ou abordagem do assunto em uma sala de aula ou em um curso qualquer.

Não há um limite de idade para este jogo, mas recomendamos jogadores acima de 12 anos pela questão cognitiva porque o jogo lida com várias estratégias e efeitos nas cartas, quanto mais jovem, mais difícil será lidar com

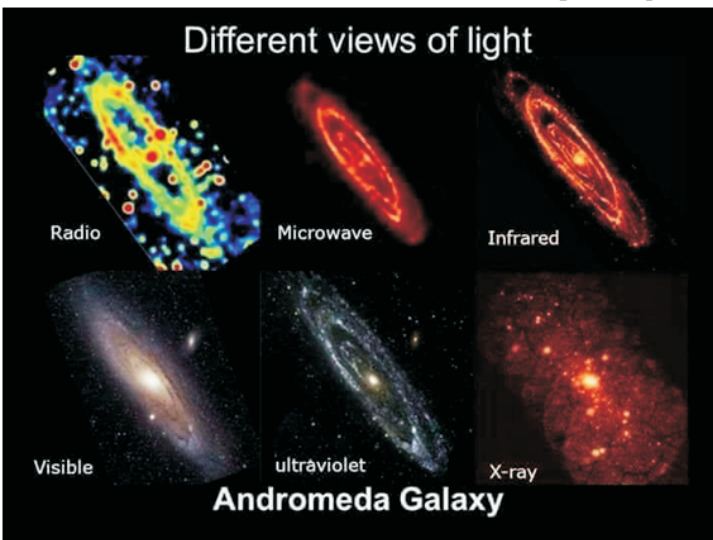


Figura 2 A galáxia de Andrômeda vista por radiações de diferentes frequências.



A sequência correta de cartas

uma quantidade grande de informação. Para compensar isso, nas regras do jogo há uma sugestão para retirar um certo grupo de cartas para deixar o jogo mais simples.

O jogo comporta entre 3 (mínimo) até 6 jogadores (máximo) e possui 99 cartas de jogo, mais 6 cartas “Como jogar”, que explica resumidamente os passos de como jogar, mais 3 cartas “Objetivo”, que apresenta resumidamente o objetivo do jogo e mais 24 fichas.

Existem 2 tipos de cartas, as cartas das radiações, que precisam ser jogadas para ganhar o jogo e as cartas de efeito, cujo efeitos estão descritos nas próprias cartas.

O objetivo de cada jogador é conseguir juntar todas as 7 cartas de radiações na sequência correta,

começando pela carta de Ondas de Rádio, Microondas, Infravermelho, Visível, Ultravioleta, Raios X e até Raios Gama. Essa sequência deverá ser montada na mesa, na frente do jogador e à vista de todos os outros jogadores. Cada jogador tentará montar a sua própria sequência e o primeiro jogador que conseguir montar a sequência completa e na ordem, ganha o jogo.

Como jogar

Uma ordem precisa ser estabelecida entre os jogadores para jogarem (sentido horário ou anti-horário e quem inicia).

As cartas precisam ser bem embaralhadas e distribuídas 5 cartas para cada jogador.

O resto das cartas deve compor o monte de compras e ficarem viradas para baixo.

Quando as cartas forem descartadas, elas deverão ficar uma em cima da outra e viradas para cima. Esse será o monte de descarte.

Na vez de jogar de cada jogador, inicialmente ele

deve comprar uma carta do monte de compra ou pegar a primeira carta do monte de descarte, mas somente se ela for uma carta de radiação.

Cada jogador pode realizar somente 1 ação por jogada e tem 3 opções de ações para os jogadores:

1) Jogar uma carta de radiação em sua respectiva sequência.

2) Usar o efeito de uma carta;

3) Descartar qualquer carta (mesmo se não quiser utilizar um efeito da carta).

Observações:

Não é permitido um jogador realizar 2 ações na mesma vez de jogar a não ser a partir de um efeito de uma carta.

Cada jogador precisa terminar a sua vez de jogar com 5 cartas nas mãos.

Nenhum jogador pode sofrer o efeito de 2 cartas ao mesmo tempo.

As cartas de efeito podem ser usadas contra qualquer jogador desde que obedeçam às condições indicadas nas

O jogo completo (regras mais cartas) pode ser baixado no site Recursos de Física em:

www.recursosedefisica.com.br

em Jogos => Jogos de Astronomia
=> Batalha do Universo

próprias cartas.

A sequência correta das cartas de radiação para ganhar o jogo é: Ondas de Rádio, Microondas, Infravermelho, Visível, Ultravioleta, Raios X e até Raios Gama.

Essa sequência tem que acontecer na mesa e na frente dos respectivos jogadores, com cada um tentando fazer a sua e vendo as sequências dos outros jogadores.

Para facilitar para os jogadores a identificação das cartas da sequência correta, no canto superior direito nas cartas de radiações tem um número (1 a 7) e esse número respectivo para cada radiação indica a ordem nas quais elas devem ser jogadas. Começando pela Carta de Ondas de Rádio (número 1) e terminando na carta Raios Gama (número 7).

Todos os jogadores têm que começar a sua sequência jogando a carta Ondas de Rádio (1) e só após ela a carta Microondas (2) pode ser jogada. A carta Infravermelho (3) só pode ser jogada depois da carta Microondas (2) e assim por diante até que a carta Raios Gama (7) só pode ser jogada após o jogador jogar a carta Raios X (6).

Ganha o jogo o primeiro jogador que conseguir jogar

a carta Raios Gama (número 7) na mesa.

Efeitos

A descrição e/ou a condição para a ativação do efeito estão informados na própria carta.

Quando um jogador é afetado por um efeito que tem duração de 1 uma ou 2 rodadas, use as fichas para marcar a duração do efeito. Por exemplo: se um jogador é afetado pela carta Quasar, ele ficará 2 rodadas sem jogar. Essas 2 rodadas são indicadas por 2 fichas que devem ficar na frente do jogador afetado. Ao passar a primeira rodada sem jogar, 1 ficha é retirada e, ao passar a segunda 2ª rodada sem jogar, a última ficha também é retirada e o jogador fica livre do efeito.

Relembrando que um jogador não pode ser alvo de 2 cartas de efeito ao mesmo tempo.

Carta Coringa (7 cartas:

Telescópio Espacial Hubble, Telescópio Espacial Spitzer, Telescópio Espacial Chandra, Telescópio SOAR, Telescópio VLT, Telescópio Keck e Telescópio Gemini):

Essas são cartas especiais porque elas substituem quase todas as cartas de radiação, ela só não pode substituir a carta Raios Gama (7).

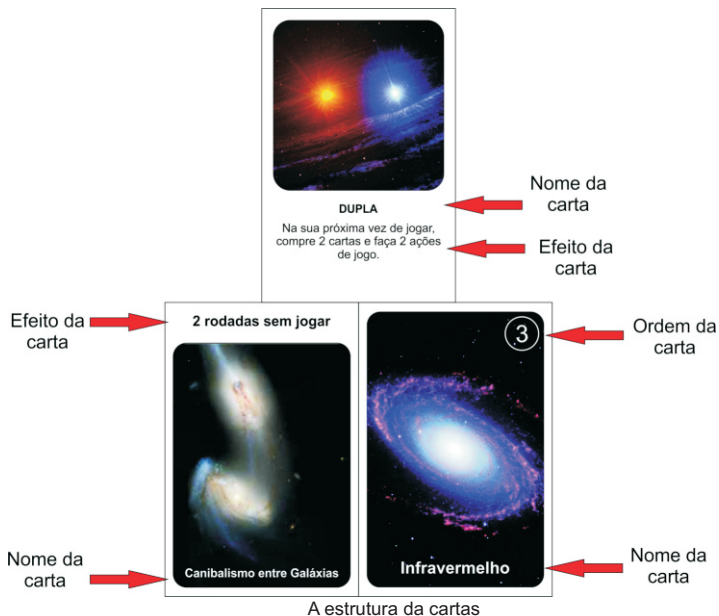
Ela também tem um efeito especial que permite o jogador realocar a carta Coringa na sequência das radiações arcando com o custo de ficar 2 rodadas sem jogar (use as fichas para marcar essas rodadas), entretanto, esse efeito especial só pode ser usado uma vez por cada carta Coringa. Por exemplo: um jogador usou uma carta Coringa para substituir a carta Infravermelho, conforme continua o jogo e não importa que esse jogador já tenha jogado outras cartas de radiação em sua sequência, se ele consegue uma carta Infravermelho, na próxima vez dele jogar ele pode colocar essa carta no lugar onde estava a carta Coringa e realocá-la para o lugar da próxima radiação necessária na sequência.

Cartas de radiações duplicadas:

Um jogador deve descartar o mais rápido possível se ele possuir 2 ou mais cartas da mesma radiação ou cartas de uma radiação que já tenha jogado.

Monte de compras:

Quando acabarem as cartas do monte de compras, pegue o monte de descarte, embaralhe as cartas, vire ele para baixo, use-o como novo monte de compras.



cartas nas mãos dos jogadores são juntadas, embaralhadas e redistribuídas”.

Ricardo F. Pereira é professor no depto. de Física da UEM. É doutor em Educação para a Ciência e a Matemática e coordenador das páginas **Recursos de Física**

Para saber mais:

ANDREOLLA, T. Radioastronomia: Ferramenta de observação do Universo (artigo). Disponível em: <https://educacaoespacial.files.wordpress.com/2010/10/radioastronomia-ferramenta-para-observar-o-universo1.pdf>

ABC da Astronomia / Invisível

<https://www.youtube.com/watch?v=nLYAX7CYDfo>

Céu da Semana Ep. #278 – Astronomia Espacial 7 a 13/03/2016 www.yo_GoBack_GoBacktube.com/watch?v=wAP7fDm5TIk

ANDREOLLA, T. Astronomia no invisível: interação da Física e Astronomia para descobrir o universo que não se vê. Revista Pontes, Paranavai, 2018, v. 3, p. 177-185. Disponível em: <http://revistapontes.com.br/wp-content/uploads/2018/10/ARTIGO-18-TINA-ANDREOLLA.pdf>

Sugestão em relação ao número de participantes:

O número ideal (e máximo) de participantes é de 6 jogadores, caso tenha menos que isso, recomendamos diminuir o número de cartas de radiações.

5 jogadores: não é necessário excluir cartas;

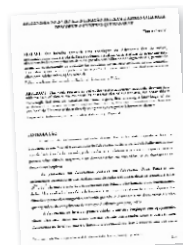
4 jogadores: exclua 2 cartas de cada radiação (14 no total);

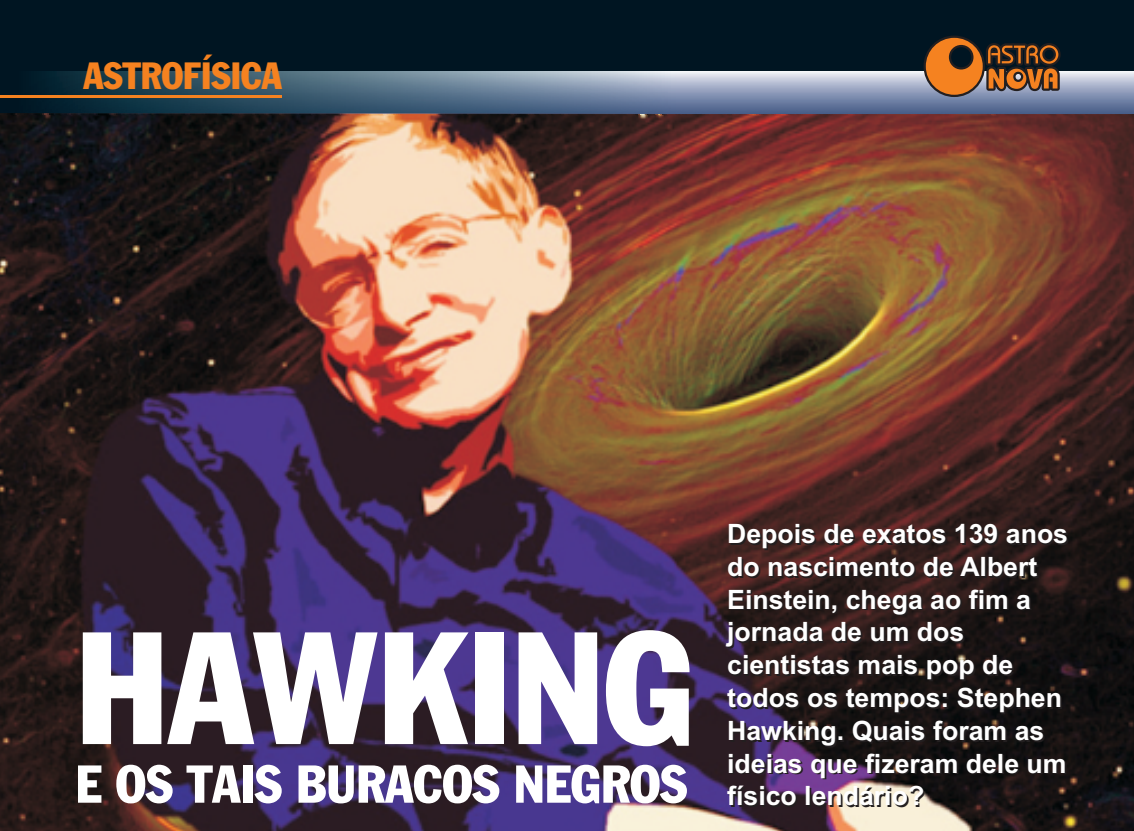
3 jogadores: exclua 3 cartas de cada radiação (21 no total).

Sugestão de regra opcional para crianças abaixo de 12 anos (ou para simplesmente deixar o jogo mais fácil):

Diminuir a quantidade das cartas de efeito. Exclua as seguintes cartas:

- Telescópio (3 cartas);
- Renovação (2 cartas);
- Exploração espacial (2 cartas);
- Troca (2 cartas);
- Restrição (3 cartas);
- Campo Magnético (3 cartas);
- Dupla (3 cartas);
- Caça aos planetas (2 cartas);
- Busca de vida extraterrestre (2 cartas);
- Caos (2 cartas);
- Buraco negro (1 carta) - A carta cujo efeito é: “As





HAWKING

E OS TAIS BURACOS NEGROS

Beatriz Araujo

beatriz.araujo@aluno.ufabc.edu.br

Em meio aos perigos da 2ª Guerra Mundial, Frank e Isobel Hawking se mudam de Londres para Oxford para garantir a segurança do bebê que estava por vir, e então exatos 300 anos após a morte de Galileu Galilei, em 8 de Janeiro de 1942, nasce Stephen William Hawking.

Embora vivesse numa família um tanto excêntrica para os padrões ingleses da época, Stephen não era o caricato geniozinho que muitos acham que fosse. Não era dono das melhores notas da turma e muitas

vezes se mostrava desinteressado nas aulas. Entretanto, para aqueles que conseguiam travar uma conversa mais aprofundada com o garoto, a impressão era uma: ele tinha algo a mais.

Seu pai era um médico especializado em doenças tropicais, e quando chegou o tempo de Stephen decidir para qual universidade iria e o que faria, o desejo de Frank era um: que cursasse Biologia e continuasse o seu legado. Seu filho, por sua vez, achava Biologia uma ciência muito descritiva e imprecisa, ao passo que a

Depois de exatos 139 anos do nascimento de Albert Einstein, chega ao fim a jornada de um dos cientistas mais pop de todos os tempos: Stephen Hawking. Quais foram as ideias que fizeram dele um físico lendário?

Matemática se mostrava a ele como um campo de exatidão e belos teoremas que existiam independentemente de nossos gostos e vontades. Frank não poderia aceitar que seu filho fizesse Matemática: não daria um bom retorno financeiro. E assim, em um meio termo a decisão surgiu: Física. Stephen foi em 1959, aos 17 anos, realizar seus estudos na Universidade de Oxford, onde seus pais se graduaram. Foi um audacioso timoneiro do time de remo e não dispendeu mais do que 1

hora de estudo por dia, na média. Claro, Stephen era sagaz e se saía melhor do que o esperado dado o seu empenho, mas não de maneira suficiente para estar entre os melhores alunos, novamente. Com o tempo, se interessou cada vez mais por problemas fundamentais, e o maior deles: o começo de tudo, se é que houve um.

A década de 60 foi marcada, entre outras tantas coisas, pelo debate entre teorias cosmológicas que buscavam explicar, cada uma a sua maneira, o Universo, sua origem e evolução. Fred Hoyle (1915-2001) era um famoso astrônomo de Cambridge, um dos criadores da Teoria do Estado Estacionário (TEE). Essa teoria defende que o Universo sempre existiu e tem a mesma aparência desde sempre e para sempre. Desde a descoberta de Edwin

Galileu Galilei (1564-1642)

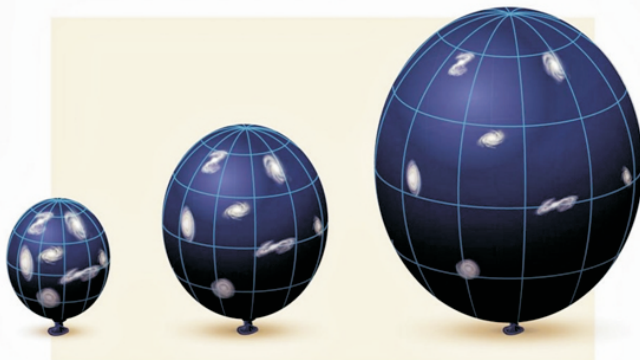
Físico, astrônomo, matemático e filósofo que viveu na atual região da Toscana, Itália. Dentre inúmeras de suas contribuições para a Ciência, podemos citar a pioneira utilização do telescópio para observações astronômicas: descobriu manchas solares, fases de Vênus, satélites de Júpiter, e muito mais.



Hubble (1889-1953) – o mesmo que deu nome ao telescópio espacial da NASA – em 1929 sobre o afastamento de galáxias, sabia-se que o Universo estava em expansão. Ora, se o Universo se expande (como um balão que é cheio), então sua densidade deve diminuir, já que a matéria fica distribuída num espaço maior. Para contornar isto, a TEE diz que matéria é criada constantemente de forma que a densidade permaneça constante. Fred Hoyle era

um pesquisador muito famoso e admirado inclusive por Stephen, que decidiu ingressar em Cambridge para realizar sua pós-graduação com ele, em Cosmologia. Decisões à parte, Stephen tinha um obstáculo: se não conseguisse se graduar em Oxford com honra máxima, não conseguiria ir para Cambridge. Como suas notas não eram excelentes, foi convocado para uma entrevista que seria decisiva para seu futuro. Munido de uma certa sagacidade, conseguiu o que queria ao proferir aos examinadores algo do gênero: “Se não me derem honra máxima, fico aqui em Oxford. Se me derem, vou embora para Cambridge”. Dito e feito, em 1962 Stephen faz suas malas para Cambridge.

Ao chegar a Cambridge, deu de cara com uma decepção que no futuro se tornaria um bom acontecimento:



Analogia à expansão do Universo. Conforme o balão é cheio, os objetos (galáxias) vão ficando cada vez mais distantes uns dos outros e a densidade diminui.



Stephen Hawking e Jane Wilde em seu casamento, em 1965.

Fred Hoyle não o aceitara em seu grupo de pesquisa por não ter um histórico de notas dos melhores. Acontece que com o tempo a TEE foi desbancada pela teoria do Big Bang, a mais aceita sobre a origem e evolução do Universo até

agora. E foi sobre ela que Stephen acabou se debruçando.

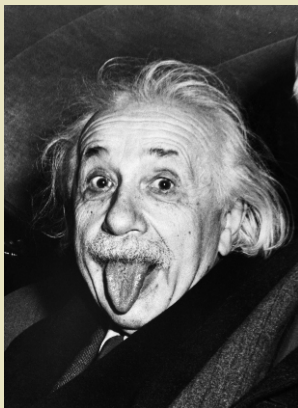
No segundo ano em Cambridge descobriu o que justificava uma fraqueza que sentia e as quedas que havia sofrendo já há algum tempo: era portador de ELA – Esclerose Lateral Amiotrófica, uma doença que provoca a morte progressiva dos neurônios motores. A implicação prática é perder os movimentos do corpo, progressivamente. Em 1963, a Stephen uma sentença foi dada: só teria mais 2 anos de vida. Era apenas um jovem de 21 anos. O que se sabia ao certo, entretanto, é que não perderia os sentidos e a capacidade intelectual. A traumática experiência acendeu uma luz em sua mente: deveria aproveitar ao máximo o tempo que lhe restava. Em 1965 concluiu

seu PhD, que se tratava de “Propriedades do Universo em Expansão”, e também se casou com Jane Wilde, com quem teve 3 filhos ao longo da vida. Tenho certeza que não preciso comentar que o prognóstico dado pelos médicos em 1963, felizmente, falhou miseravelmente. Todos conheceram o genioso Stephen Hawking, o físico teórico pop preso a uma cadeira de rodas com uma voz computadorizada, mas com uma mente livre em seu próprio brilhantismo.

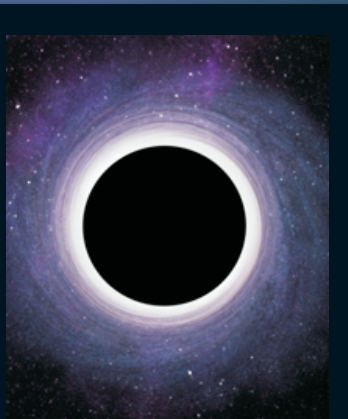
Não seria justo, do meu ponto de vista, falar sobre o trabalho de Stephen sem contar um pouco de sua trajetória de vida. Grandes nomes da Ciência também enfrentaram suas dificuldades, constituíram suas histórias, e no final de tudo são seres humanos, como todos nós. Com a adição, claro, de uma intensa vontade de descobrir como as coisas funcionam. No caso de Stephen, de como o Universo funciona. A teoria do Big Bang sustenta a ideia de que tudo haveria começado em uma singularidade. À época só se havia provado que isso seria o caso para tipos bem específicos de Universo, o que não garantiria que fosse o caso do nosso. O que Stephen fez em sua tese foi

Plasma: alguns o chamam de 4º estado da matéria. É um gás parcialmente ionizado, o que significa que alguns átomos estão com elétrons faltando ou sobrando.

A mais famosa equação da Física: $E=mc^2$ é a equação que Albert Einstein (1879-1955) definiu para a energia de repouso de uma partícula (a energia que ela tem quando está parada). A equação nos diz que há uma equivalência entre energia E e massa m, ou simplesmente que uma pode se transformar na outra. c é a velocidade da luz, cerca de 300.000 km/s.



Buraco negro: caso pudéssemos olhar um buraco negro dos mais simples de perto (mas longe o suficiente para nos mantermos seguros), nos depararíamos com uma espécie de bola completamente negra. A superfície dessa bola não é algo físico, que pudéssemos tocar, mas na verdade é a superfície do horizonte de eventos. A partir dali quem passa não volta, incluindo a luz. Por isso a escuridão total.



provar que a singularidade primordial haveria de ter existido para casos mais genéricos de Universo. Para fins práticos, aumentou a plausibilidade da teoria do Big Bang. Mas você deve estar se perguntando: o que raios é uma singularidade? Vamos chegar lá, mas antes teremos que rebobinar um pouco a fita.

Vamos começar com uma jornada através dos pontos de luz que permeiam o céu noturno. Você sabe o que são estrelas? Bom, elas são imensas esferas de plasma que geram energia, se mantendo estáveis graças ao equilíbrio entre a força gravitacional que puxa pra dentro e a pressão que surge de dentro para fora por conta da produção de energia no interior estelar. E como essa energia é

produzida? Por meio do processo que chamamos de fusão nuclear. O interior da estrela é tão quente e denso que alguns elementos químicos acabam se fundindo para formar outros. Nesse processo de transformação, a massa do produto final é menor do que a massa dos ingredientes iniciais. E para onde vai essa massa perdida? A mais famosa equação da Física, $E=mc^2$, nos responde: ela se transforma em energia.

Agora, podemos nos indagar: o que acontece quando uma estrela para de realizar fusão nuclear? Dos possíveis fins para aquela que já esgotou o seu combustível, um em particular nos interessa: o buraco negro. Ele surge quando a força gravitacional vence e a estrela vai caindo sobre si mesma, até gerar uma singularidade: um

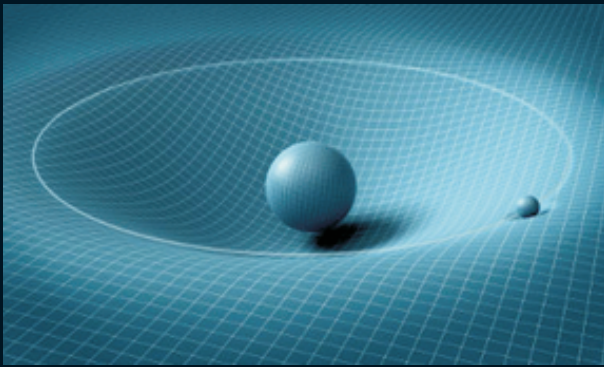
rombo no espaço-tempo, um ponto no qual está comprimida toda a massa do antigo astro. Um buraco negro é tão denso que a partir de um determinado limite (chamado de horizonte de eventos) nem a luz consegue escapar da atração gravitacional. Esse objeto, que parece proveniente de um conto de ficção científica, interessou muitas mentes brilhantes.

Uma delas foi a de Stephen Hawking. O físico provou que a existência de buracos negros na natureza seria inevitável, assim como os seus derradeiros fins. Trabalhando com Relatividade Geral e Mecânica Quântica (duas teorias da Física que pareciam irreconciliáveis), mostrou que buracos negros não seriam imortais: envelheceriam através do

Relatividade Geral e Mecânica Quântica: são duas teorias dentro da Física. A primeira se preocupa em explicar a gravidade, os objetos grandes do Universo (estrelas, buracos negros, galáxias, etc.). Já a segunda nos diz como se comporta a natureza em escalas muito pequenas, da ordem de átomos, por exemplo. Ambas são muito bem sucedidas em seus trabalhos, mas aparentemente incompatíveis entre si (o que é de se estranhar, já que a natureza é uma só). Hawking fez um trabalho pioneiro ao utilizá-las conjuntamente e fazer uma descoberta teórica que ninguém havia previsto.

Radiação: emissão de energia por meio de partículas (por exemplo, fótons, partículas de luz).

Espaço-tempo: na teoria da Relatividade Geral, o tempo toma um caráter análogo ao das três dimensões espaciais que já estamos acostumados. Um objeto que tenha massa curva o tecido do chamado espaço-tempo. Não só deforma o espaço e “gera gravidade”, mas também deforma o tempo. Perto de um buraco negro muito massivo, por exemplo, o tempo passa bem mais devagar. Você já viu o filme *Interestelar* (2014)?



processo de emissão de radiação Hawking, até evaporarem completamente.

Mas peraí! Eu disse pra você que de um buraco negro nada sai, e agora disse que ele emite radiação? Bom, não é bem assim. A Mecânica Quântica têm algumas (várias) coisas estranhas e contraintuitivas. Hawking foi esperto o suficiente em considerá-la ao estudar os buracos negros. De modo simplificado, o colapso de uma estrela em um buraco negro perturba o espaço-tempo ao redor de modo que deste surgem partículas, mais especificamente as que constituem a radiação Hawking. O que quero dizer com isso é que nada de fato sai do buraco negro: a radiação surge fora do horizonte de eventos. Porém, como bem dizia Lavoisier: nada se cria, nada se perde, tudo se transforma. Essa radiação não surge do nada, mas se transforma no que é

a partir de energia do próprio buraco negro. Lembra-se da famosa equação de Einstein, $E=mc^2$? O buraco negro perde energia em forma de massa para a criação de radiação Hawking! O que significa, então, que diminui de tamanho ao longo desse processo. O surpreendente é que quanto menor o buraco negro for ficando, mais radiação é gerada e com o tempo cada vez mais rapidamente ele vai diminuindo. Não é a toa que o trabalho de Hawking sobre isso se chama “Black hole explosions” (explosões de buracos negros).

O processo de evaporação de um buraco negro se torna cada vez mais intenso conforme o objeto vai chegando ao seu derradeiro fim, levando a uma morte violenta e explosiva. Bem, parece que buracos negros não são eternos então. Mas será que já vimos a explosão de algum? Se houvéssemos,

com certeza Stephen Hawking haveria ganhado um prêmio Nobel. Um buraco negro modesto de aproximadamente a massa do Sol levaria cerca de 10^{67} anos (1 seguido de 67 zeros) para evaporar completamente. A idade do Universo, estimada a partir da teoria do Big Bang, é da ordem de 10^{10} anos. Muito menor do que o número anterior! Hawking inclusive teorizou a existência de mini buracos negros no universo primordial, de forma que poderíamos detectar seus processos de evaporação atualmente. Até hoje nada foi detectado, embora a existência da Radiação Hawking e do processo de evaporação de buracos negros seja bem aceita na comunidade científica.

A grande popularidade de Stephen se construiu através da imagem do cientista deficiente, mas que, através de uma guerra vencida pela

Stephen em *Star Trek*Stephen em *Os Simpsons*

Stephen na premiere do filme "A teoria de tudo", junto com os atores que interpretaram sua primeira esposa e ele

Stephen no seriado *The Big Bang Theory*

Ouçã as músicas do **Pink Floyd** que Stephen participou!

Keep talking (Division Bell)
Talkin' Hawkin' (The Endless River)

Não só nos despedimos de 2018, como também de algumas figuras que nos deixaram nesse ano. Stephen Hawking foi uma estrela sobre a Terra que agora ocupa o seu lugar no meio de um céu de ideias que jamais serão esquecidas pela humanidade. Viveu mais 45 anos após a notícia de que teria apenas 2 anos de vida, em 1963, e fez desse tempo uma oportunidade de colocar algumas peças no grande quebra-cabeça da nossa compreensão sobre o Universo.

Stephen Hawking faleceu em paz em sua casa, na Inglaterra, aos 76 anos em 14 de março de 2018. Este texto é um singelo tributo à sua vida e suas contribuições.

mente contra o corpo, pôde ultrapassar os obstáculos que sua doença lhe impôs, dando contribuições significativas para a Ciência, mas também para a divulgação científica. Seu livro "Uma breve história do tempo", lançado em 1988, inspirou e ainda inspira

diversas pessoas. Ele foi um físico teórico que deu contribuições inestimáveis para a ciência dura, e um divulgador científico que inspirou gerações a se admirarem com as misteriosas faces da natureza. Também, fez aparições em diversas produções da cultura pop. Jogou poker com Albert Einstein e Isaac Newton em *Star Trek*, apareceu em *Os Simpsons* e em *The Big Bang Theory*, cedeu sua voz computadorizada para comerciais e músicas da banda Pink Floyd, além de ter um filme sobre sua própria vida, *A Teoria de Tudo*, que inclusive concedeu um Oscar ao ator que interpretou o físico.

Beatriz Araujo é graduada em Física pela UFABC. É membro-fundadora do Clube de Astronomia Arcturus.

Sugestões de leitura:

Uma breve história do tempo, Stephen Hawking

O universo numa casca de noz, Stephen Hawking

A teoria de tudo, Jane Hawking

Breves respostas para grandes questões, Stephen Hawking

Buracos negros: rompendo os limites da ficção, George Matsas & Daniel Vanzella



"Enquanto há vida, há esperança"
S. W. Hawking



**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