

REVISTA DE DIVULGAÇÃO DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS DA NATUREZA

Ano 05 - Nº 18 - Junho/2018

AstroNova

Tour pelo Sistema Solar

Planetas Anões: Plutão



Planetologia

Os vários tipos de planetas



Astronáutica

Noções de Mecânica Orbital



OLIVINAS

O significado astrobiológico
deste minerais



AS CAUSAS ASTRONÔMICAS DAS ESTAÇÕES DO ANO 

INICIANDO-SE NA OBSERVAÇÃO DO CÉU 

ATIVIDADES NA ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL 

AGENDA DOS LANÇAMENTOS ESPACIAIS 



Wilson Guerra
GCAA

EDITORIAL

Chegamos na metade de 2018! Muitas novidades vieram e ainda virão. A NASA lançou a sonda de solo InSight, que chegará em Marte do fim do ano. Ela irá fazer estudos in loco no planeta vermelho, e poderá analisar alguns metros do subsolo do local onde pousar. Já o telescópio espacial James Webb (NASA/ESA), que deveria ser lançado este ano, ficou para 2020. Ele será um honroso substituto do famoso telescópio espacial Hubble, e procurará exoplanetas!

Enquanto isso nós, aqui na Terra, disponibilizamos a edição n. 18 da AstroNova. Nesta edição o *Tour* pelo Sistema Solar começa uma série de pequenos textos sobre os planetas anões. E tratará agora do mais famoso deles: Plutão.

Rafael Cândido faz duas contribuições à esta edição: uma breve e clara

explicação sobre as causas da estações do ano - que são astronômicas - e um aprofundado material sobre os tipos de planetas que as Ciências Planetárias concebem hoje, graças, em grande medida, à pesquisa destinada aos exoplanetas (planetas de outros sistemas).

Bruno Nascimento-Dias e Maria Beatriz nos trazem um artigo interessantíssimo que envolve um belo mineral verde - a olivina - e suas implicações astrobiológicas. Estes minerais comuns na Terra também estão presentes em Marte!

Eu trago para esta edição uma introdução à observação astronômica - com a intenção de ajudar o iniciante - e mais ao final uma abordagem introdutória sobre Mecânica Orbital, esta desafiadora arte de mandar naves ao espaço!

Uma ótima leitura a todos!

Wilson Guerra
GCAA

EXPEDIENTE

Editores:

Rafael Cândido Junior
eletrorafa@gmail.com

Wilson Guerra
wilsonguerra@gmail.com

Redatores:

Bruno Nascimento-Dias
bndias@fisica.uff.br

Maria B. de Andrade
mbbandrade@outlook.com

Rafael Cândido Junior
eletrorafa@gmail.com

Wilson Guerra
wilsonguerra@gmail.com

Arte e Diagramação:

Wilson Guerra
wilsonguerra@gmail.com

Astrofotos:

Bruno Bonicontró
Newton Cesar Florencio

Capa: Arp 273
Galáxias em interação



Tour pelo Sistema Solar

PLANETAS ANÕES: Plutão

07

- A causa das estações do ano 10
- O significado astrobiológico das olivinas 13
- Iniciando-se na observação do céu
Os movimentos da esfera celeste 17
- Planetologia
Os diferentes tipos de planetas 23
- Astronáutica
Noções básicas de mecânica orbital 33

Principais Lançamentos do Trimestre

RÚSSIA



Foguete: Soyuz FG (RKK Energiya)

**Tripulação 55-S da Estação
Espacial Internacional**

Local: Cosmódromo de Baikonur

Data: 06/06/2018

Foguete: Soyuz (RKK Energiya)

**Carga: Progress 70P - mantimentos e
equipamento para a ISS**

Local: Cosmódromo de Kourou

Data: 10/07/2018

ESTADOS UNIDOS



Foguete: Falcon9 (SpaceX)

**Carga: SES 12 satélite
de comunicação**

Local: Cabo Canaveral

Data: 04/06/2018

Foguete: Pegasus XL (Orbital ATK)

**Carga: ICON - Ionospheric Connection
Explorer, da NASA**

Local: base das Ilhas Marshall

Data: 14/06/2018

Foguete: Falcon9 (SpaceX)

**Carga: teste com futura cápsula
tripulada Dragon v2**

Local: Centro Espacial Kennedy

Data: agosto/2018

Foguete: Atlas 5 (ULA)

**Carga: teste da cápsula tripulada
CTS-100 da Boeing**

Local: Cabo Canaveral

Data: 27/08/2018

CHINA



Foguete: Longa Marcha 3A

**Carga: Fengyun 2H - satélite
meteorológico geoestacionário**

Local: Base de Xichang

Data: junho/2018

Foguete: Longa Marcha 2C

**Carga: PRSS 1 - satélite de
sensoriamento remoto**

Local: Base de Taiyuan

Data: junho/2018

Principais Lançamentos do Trimestre

EUROPA



Foguete: ARIANE 5 (Arianespace)

Carga: Galileo 23-26 - satélites de posicionamento global

Local: Base de Kourou

Data: 25/07/2018

Foguete: Vega (Arianespace)

Carga: Aeolus da ESA - traçará perfis de ventos em escala global

Local: Base de Kourou

Data: 21/08/2018

JAPÃO



Foguete: H-2A

Carga: IGS Radar 6 - satélite de reconhecimento por radar

Lançamento: Centro de Tanegashima

Data: 11/06/2018

Foguete: H-2B

Carga: HTV 7 - cargueiro com equipamentos para ISS

Lançamento: Centro de Tanegashima

Data: 16/08/2018

NOVA ZELÂNDIA



Foguete: Electron (Rocket Lab)

Carga: 2 cubsats (meteorologia/rastreamento) e um pequeno satélite de sensoriamento

Local: península Mahia

Data: 22 ou 23/06/2018



Estação Espacial Internacional (ISS)

Principais atividades - março a maio/2018

Tripulação atual



Próxima Expedição - Soyuz MS-09 (06/06/2018)



Tripulação da Estação entra no ritmo da Copa do Mundo

Astronautas Drew Feustel e Ricky Arnold atualizaram equipamentos e consertaram pequeno vazamento de amônia no segmento americano da Estação.



JAXA (Agência Espacial Japonesa) testa o JEM, um robô-câmera flutuante



Experimentos de combustão em ambiente de microgravidade (clique para ver vídeo)



15º Encontro Paranaense de Astronomia

7 a 9 de Setembro
Sarandi - PR

INSCRIÇÕES ABERTAS

- Palestras
- Seminários
- Minicursos
- Pôsters

**ENVIO DE PROPOSTAS PARA APRESENTAÇÃO
DE TRABALHOS ATÉ 30/JUNHO**

Organização



Mais informações em
www.epast.com.br

Um Tour pelo Sistema Solar

PLANETAS ANÕES

PLUTÃO, O DEUS DO INFERNO

Durante muito tempo considerado o planeta menor, mais frio e mais distante do Sol, Plutão também pode ser o maior de um grupo de objetos que orbita em uma região semelhante a um disco além da órbita de Netuno, chamada Cinturão Kuiper. Essa região distante consiste em milhares de mundos gelados em miniatura, com diâmetros de pelo menos mil quilômetros, e também se acredita que seja a fonte de alguns cometas. Depois da redefinição da União Astronômica Internacional, Plutão passou a ser classificado como planeta-anão, e se tornou a principal referência para esse novo conceito de objeto astronômico.

Descoberto pelo astrônomo americano Clyde Tombaugh em 1930, Plutão leva 248

anos para completar a órbita ao redor do Sol. A mais recente aproximação de Plutão do Sol ocorreu em 1989. Entre 1979 e 1999, a órbita altamente elíptica de Plutão o deixou mais próximo do Sol que Netuno, oferecendo raras oportunidades para se estudar esse pequeno mundo distante e frio e sua companheira, a lua Caronte, a partir da Terra.

A maior parte do que sabíamos sobre Plutão surgiu a partir do final dos anos 70, através de observações feitas em terra pelo Satélite Astronômico Infravermelho (IRAS) e pelo Telescópio Espacial Hubble. Muitas das principais perguntas sobre Plutão, Caronte e os limites externos do Sistema Solar começarão a ser respondidas com observações mais

próximas da sonda espacial New Horizons, da NASA.

Plutão e Caronte orbitam o Sol em uma região em que pode haver uma população de centenas ou milhares de corpos semelhantes, que se formaram no início da história do sistema solar. Esses objetos também são citados como objetos trans-netunianos, objetos do Disco Edgeworth-Kuiper ou anões gelados.

Plutão tem cerca de dois terços do diâmetro da Lua da Terra, e pode ter um núcleo rochoso cercado por um manto de água gelada. Devido à menor densidade, sua massa tem cerca de um sexto da da nossa Lua. Plutão parece ter na superfície uma camada brilhante de metano, nitrogênio e monóxido de carbono gelados. Quando



PLUTÃO

Plutão: dados-chaves

- Distância do Sol: 5.906.380.000 km
- Raio equatorial: 1.151×10^3 km
- Volume: $6,39 \times 10^5$ km³
- Massa: $1,3 \times 10^{22}$ kg
- Área: $1,665 \times 10^7$ km²
- Gravidade: $0,81 \text{ m/s}^2$
- Temperatura: de -233 a -223°C
- Atmosfera: metano e nitrogênio

está próximo do Sol, esse gelo derrete, sobe e temporariamente forma uma fina atmosfera, com uma pressão equivalente a 1 milionésimo da da Terra. A baixa gravidade de Plutão (cerca de 6% da terrestre) faz sua atmosfera ser muito mais extensa em altitude que a de nosso planeta. Como a órbita de Plutão é muito elíptica, o planeta torna-se muito frio durante os anos em que se distancia do Sol. Nessa época, a maior parte da atmosfera congela.

Em 1978, os astrônomos americanos James Christy e

Robert Harrington descobriram que Plutão tem uma lua, que batizaram de Caronte. Ela tem quase a metade do tamanho de Plutão e compartilha a mesma órbita. Plutão e Caronte são, portanto, basicamente um planeta duplo. A superfície de Charonte é coberta de água suja gelada e não reflete tanta luz quanto a de Plutão.

Apenas uma espaçonave já se aproximou de Plutão, a sonda New Horizons. A NASA a enviou em 2006 para estudar tanto Plutão quanto

a região do Cinturão Kuiper. A nave sobrevoou plutão em 2016.

Como Plutão é muito pequeno e distante, é difícil observá-lo da Terra. No final dos anos 80, Plutão e Caronte passaram na frente um do outro diversas vezes durante vários anos. Observações desses raros eventos permitiram que astrônomos fizessem mapas aproximados de cada corpo celeste. Desses mapas descobriu-se que Plutão tem calotas polares, assim como grandes manchas escuras próximas de seu equador. Mas as imagens enviadas pela New Horizons em 2016 revelaram que Plutão possui um relevo muito mais complexo e intrigante do que se poderia imaginar.

O complexo relevo plutoniano, revelado pela sonda New Horizons, da NASA.



www.nasa.gov

Tradução: Luiz Roberto Mendes Gonçalves, com atualizações

Entendendo a causa das estações do ano

Um dos erros mais comuns, cometidos até mesmo por profissionais da mídia televisiva é afirmar que as estações do ano são causadas pela proximidade da Terra em relação ao Sol. Neste artigo, vamos aprender de forma didática qual a causa das estações do ano.



VETOR DE POYNTING

O Sol, sendo uma estrela, emite ondas eletromagnéticas nas mais variadas frequências, desde os raios-X até as ondas de rádio. Toda onda eletromagnética é resultante de um campo elétrico e um campo magnético e transporta energia. Esta energia é proporcional aos campos elétrico e magnético

e tem direção e sentido da propagação da onda, ou seja, a energia é definida não apenas por sua intensidade, mas também apresenta uma direção e sentido.

Este 'vetor-energia', denominado vetor de Poynting (em homenagem ao seu descobridor, o físico inglês John Henry Poynting, século XIX) pode ter seus efeitos entendidos com o uso de uma lanterna e um

pedaço de cartolina.

Numa sala escura, mantenha uma lanterna em frente a um pedaço de cartolina mantido perpendicularmente ao sentido de propagação da luz (figura 1).

Nota-se que a luz ilumina uma determinada área com uma certa intensidade. Se a cartolina for inclinada em 20° em relação à posição anterior (figura 2), a área

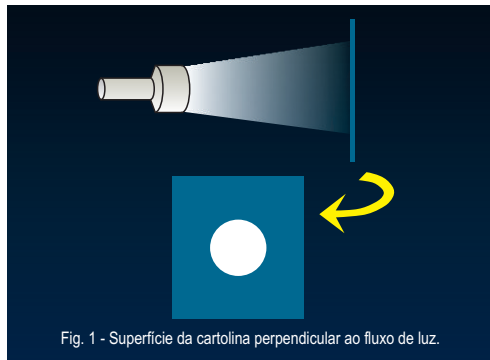


Fig. 1 - Superfície da cartolina perpendicular ao fluxo de luz.

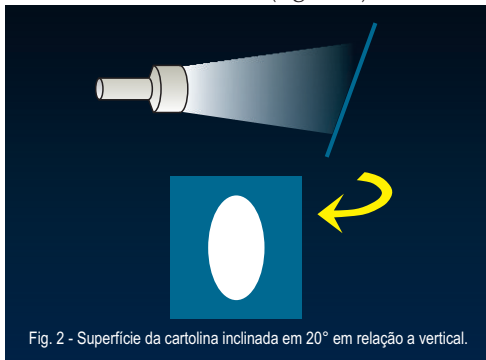


Fig. 2 - Superfície da cartolina inclinada em 20° em relação a vertical.

onde a mesma intensidade luminosa é aplicada aumenta.

A intensidade da luz não se alterou, pois a fonte é a mesma. Entretanto a área onde esta intensidade é distribuída aumentou. Assim, cada unidade de área recebe menos energia.

INCLINAÇÃO DO EIXO DE ROTAÇÃO DA TERRA

A órbita da Terra em torno do Sol é uma elipse com excentricidade muito baixa. Podemos entender a excentricidade como uma medida do quanto um círculo foi 'amassado' para se tornar uma elipse (se a excentricidade é zero, temos um círculo). Assim, a variação da distância da

Terra ao Sol não é o fator que causa a mudança das estações.

O eixo de rotação da Terra encontra-se inclinado em relação à perpendicular do plano da órbita em aproximadamente 23° . Assim, ao longo de sua órbita, diferentes áreas da Terra estarão perpendiculares ao fluxo de energia solar.

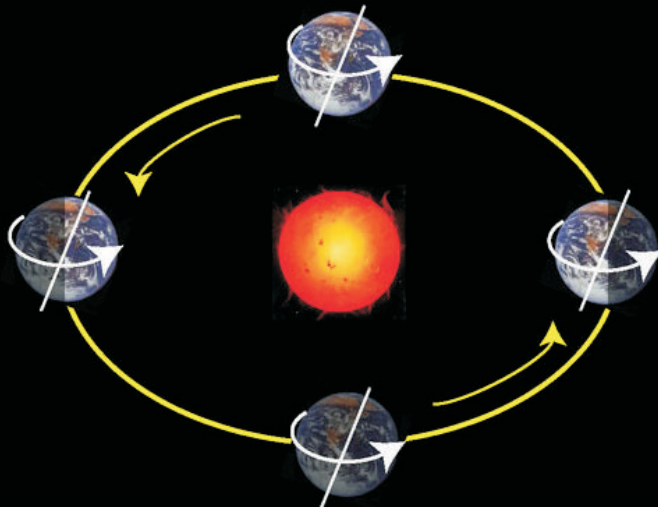
Em diferentes épocas do ano, uma mesma área na Terra recebe diferentes intensidades de energia solar devido à inclinação do eixo de rotação. Estas variações alteram a quantidade de energia recebida por área (como no exemplo da lanterna) e consequentemente alteram as temperaturas e a duração

do dia, causando variações climáticas e nos ciclos de fauna e flora.

Na região entre os paralelos Trópico de Capricórnio e de Câncer, o Sol fica a pino (zênite), duas vezes por ano. Sobre essas linhas, localizadas no paralelo $23^\circ 26' 16''$, o Sol fica a pino apenas uma vez por ano (21 de junho no trópico de Câncer e 21 de dezembro no trópico de Capricórnio). As linhas do Círculo Polar Ártico e Antártico definem a região da Terra onde no período do inverno haverá pelo menos um dia no qual o sol não irá nascer.

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

A inclinação do eixo de rotação da Terra permanece invariante ao longo do ano





Academia de Ciências Naturais

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

www.facebook.com/academiadecienciasnaturais



O SIGNIFICADO **ASTROBIOLÓGICO** DAS **OLIVINAS** EM METEORITOS E AMBIENTES MARCIANOS

Em nosso planeta, rochas e minerais são ferramentas imprescindíveis para a compreensão de sua história. Geociências como geologia, mineralogia, estratigrafia e geoquímica permitem-nos estimar a idade da Terra e compreender sua evolução planetária.

Do mesmo modo, outros planetas rochosos, como Marte, também poderiam ser cuidadosamente estudados a partir de técnicas geológicas. Porém,

essa sugestão surge com um óbvio empecilho: como poderíamos fazer isso estando tão distantes? Esse é um desafio que vem sendo enfrentado pelos cientistas ao longo dos últimos anos. Através de sondas, telescópios e rovers, tem sido cada vez mais fácil obter dados acerca do planeta vermelho. Porém, apesar de termos aprendido muito sobre suas características geológicas e história, as lacunas em nosso conhecimento

certamente excedem o que entendemos.

Outro meio de se obter informações sobre a geologia de Marte é através da análise de meteoritos marcianos. Basicamente, meteoritos podem ser definidos como sendo fragmentos geológicos extraterrestres que conseguem atravessar a atmosfera terrestre e que caem sobre a superfície da Terra, por terem tamanho e resistência suficientes para sobreviver à queima como



Olivina (à esquerda) e serpentina. Minerais que, de alguma forma, tem na água líquida um componente químico importante na sua formação.

meteoro. Atualmente, existem mais de 100 meteoritos marcianos catalogados, dentre eles, alguns especialmente famosos, como os meteoritos Zagami e o ALH 84001. De modo geral, ao estudar essas rochas extraterrestres por meio de técnicas analíticas (raios X, infravermelho e outras), é possível determinar quantitativa e qualitativamente sua composição química. E, com base nesses resultados, é possível fazer inferências acerca dos minerais presentes nessas rochas.

Muitos dos minerais detectados nessas amostras são de grande interesse para a Astrobiologia, a ciência que estuda a origem, a evolução e a distribuição da

vida no universo, pois podem funcionar como marcadores de determinadas transformações físico-químicas que teriam acontecido em determinado momento na história evolutiva de Marte. Dentre

esses processos, incluem-se potenciais reações químicas com o envolvimento de água. Neste sentido, exemplos de minerais já detectados na superfície marciana são as olivinas e as serpentinhas.

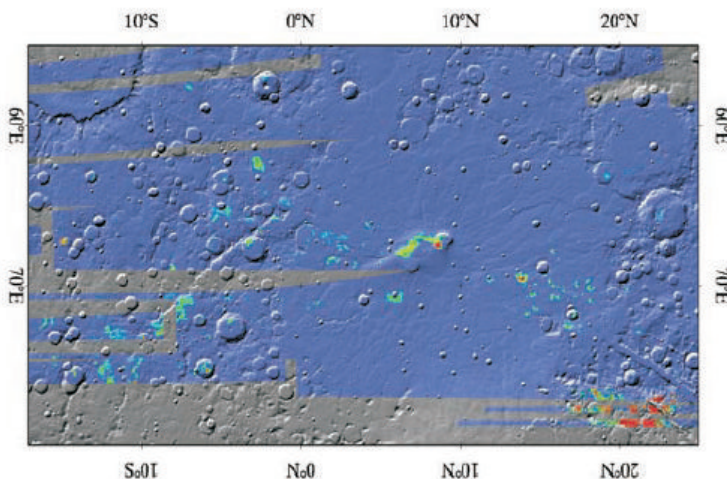


Figura 1 - Região com alta concentração de Olivina mapeada em Marte obtida através de dados da sonda espacial OMEGA.
Fonte: Mustard et al., 2005

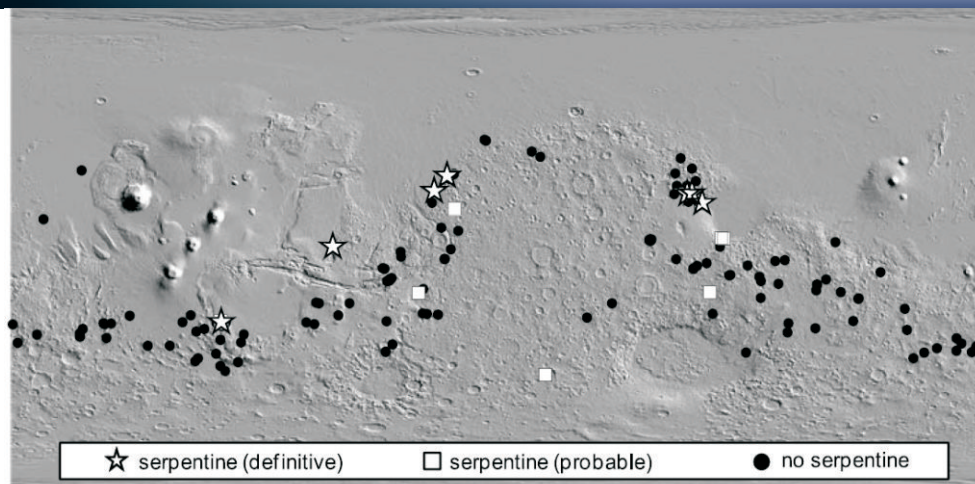
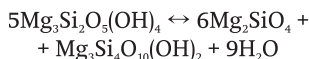


Figura 2 – Regiões em que existem indicações de existência da serpentina em Marte obtidas através do equipamento científico Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA).

Fonte: Ehlmann; Mustard; Murchie, 2010.

As olivinas formam um grupo de minerais que frequentemente se apresentam na cor verde-oliva. Seus membros são silicatos de ferro ou magnésio e, neles, as quantidades desses dois elementos variam de mineral para mineral. Exemplos notáveis de minerais desse grupo são a fosterita (Mg_2SiO_4) e a faialita (Fe_2SiO_4). Frequentemente, as olivinas resultam do metamorfismo da serpentina. As serpentinas, por sua vez, formam um grupo de minerais cuja composição química de seus membros é sempre próxima de $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$. Nesse processo, é notável o fato de

que são liberadas moléculas de água como produto dessa reação. A seguir, uma possível reação de formação da fosterita que, além de água, possui o mineral talco como um produto:

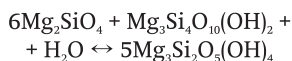


Há diversas áreas ricas em olivina na crosta de Marte como apresentado na Figura 1. Mas será que isso significa que deveríamos esperar encontrar água líquida em sua superfície como produto da formação desse mineral? Não exatamente. Nos dias de hoje, acredita-se que água líquida não seja estável na superfície marciana, devido a condições ambientais

desfavoráveis. Entre essas condições, é possível elencar a fotodissociação, que ocorre devido à atmosfera marciana ser extremamente rarefeita e sujeita a vários tipos de radiações, entre elas a radiação ultravioleta. Esse processo faz com que as moléculas de água formadas sofram um processo de decomposição, liberando prótons, elétrons e oxigênio.

Ainda assim, acredita-se que, no passado, tenha existido água líquida em abundância na superfície do planeta vermelho, e que, nos dias de hoje, talvez ainda possa existir água em estado líquido abaixo de sua superfície. Nesse sentido, a presença de minerais do

grupo das olivinas é extremamente instigante, pois pode ser outra evidência a ir em direção a essas conclusões. Assim como a olivina é muitas vezes formada a partir da serpentina, ela também pode sofrer um processo chamado serpentinização, que consiste em alguns tipos de reações químicas nas quais a olivina dá origem à serpentina. No caso dessa transformação, a água não é um produto, e sim um reagente:



Então, outro questionamento surge desse dado: como saber se essas reações realmente ocorreram? Para isso, precisamos nos basear em dados obtidos a partir do estudo da crosta marciana. Em Marte, as serpentinas são encontradas em alguns lugares como na Figura 2, e, dentre eles, pode se destacar a região chamada “Nili Fossae”, que consiste numa fratura na superfície marciana outrora exposta a processos erosivos. Nessa região, há olivinas em grande quantidade. E esse não é o único local no planeta em que se é possível

encontrar a presença de olivinas associada à presença de serpentinas, o que é algo notável, pois é uma boa indicação de que essas reações podem ter acontecido. Além disso, a presença de um desses minerais associado ao outro não é a única evidência que nos direciona a essa conclusão. Em um estudo de 2010, conduzido por B. L. Ehlmann, foi constatado, com o uso de tecnologias orbitando Marte, a presença de olivina parcialmente alterada na região de Nili Fossae. Embora essa seja uma evidência de que reações envolvendo água ocorreram no passado, não devemos esperar encontrar água líquida na superfície de Marte nos dias de hoje, devido ao fator da fotodissociação. E mesmo que essas reações ainda estejam ocorrendo, isso deveria estar acontecendo abaixo da superfície do planeta, para contornar as condições ambientais adversas. E se for este o caso, os produtos minerais dessas reações não poderiam ser observados pelo equipamento na órbita do planeta. O que podemos concluir, portanto, é que esses processos tomaram

lugar em algum momento na história marciana, sendo essa mais uma evidência da presença de água no passado de Marte. Olivinas e serpentinas são, portanto, exemplos da relevância astrobiológica dos minerais extraterrestres, que, assim como na Terra, guardam valiosas informações acerca da história geológica do local onde se encontram.

Maria Beatriz B. de Andrade (mbbandrade@outlook.com) é acadêmica de Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

Bruno L. do Nascimento-Dias (blndias@fisica.ufjf.br) é doutorando em Física pela UFJF e Universidade de Michigan (USA)

Referências

- Nascimento-Dias, B. L., Oliveira, D. F., Machado, A. S., Araújo, O. M., Lopes, R. T., & Anjos, M. J. (2018). Utilization of nondestructive techniques for analysis of the Martian meteorite NWA 6963 and its implications for astrobiology. *X-Ray Spectrometry*, 47(1), 86-91.
- Ehlmann, B. L., Mustard, J. F., & Murchie, S. L. (2010). Geologic setting of serpentine deposits on Mars. *Geophysical research letters*, 37(6).
- Mustard, J. F., Poulet, F., Gendrin, A., Bibring, J. P., Langevin, Y., Gondet, B., Mangold N., Bellucci, G., Altier, F. (2005). Olivine and pyroxene diversity in the crust of Mars. *Science*, 307(5715), 1594-1597.

INICIANDO-SE NA OBSERVAÇÃO DO CÉU

Reconhecendo astros e movimentos da esfera celeste



Wilson Guerra

wilsonguerra@gmail.com

Ainda na antiguidade, a observação do céu noturno não tinha apenas um caráter prático. A astronomia primitiva começou graças a uma mistura de fascínio e estarrecimento na contemplação das estrelas. Apenas com a descoberta da regularidade dos eventos astronômicos começaram a ser motivo sistematizações observacionais mais pragmáticas. Todavia, isso não excluía o interesse original, um fascínio que

inspirou mitos, cosmogonias e filosofias.

Este fascínio move milhões de pessoas ainda hoje, em diferentes graus de profundidade a entrarem em contato com a astronomia amadora. É interessante notar que a atividade de astrônomos amadores por todo o mundo contribui constantemente com a astronomia profissional, talvez constituindo um caso único na história da Ciência.

É pensando nestes que

querem começar a ter contato com a observação astronômica amadora que iniciamos nesta edição uma sequência de textos sobre o tema.

RECONHECIMENTO PRÉVIO

Ao observarmos as estrelas com um pouco de atenção, não é difícil notar que elas cintilam. Seus brilhos não parecem fixos. Ao contrário, umas parecem estar piscando, e outras até mudando de cor, tudo muito rapidamente.

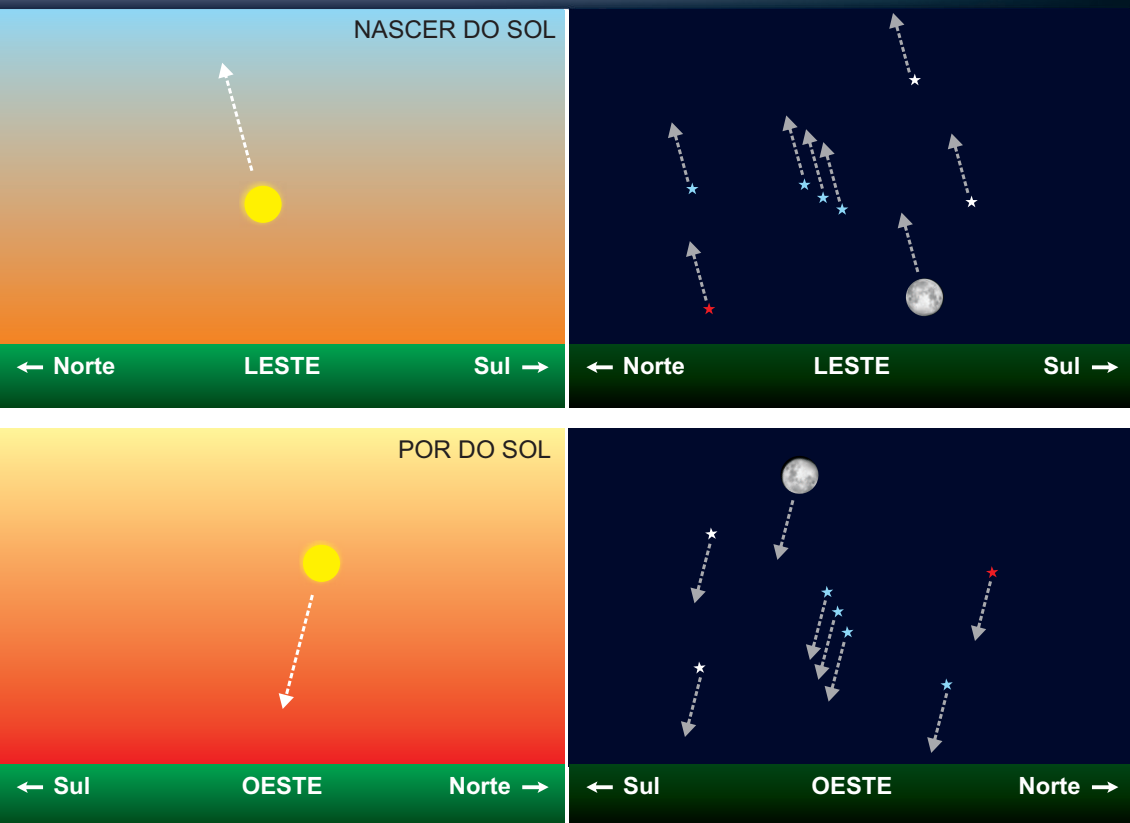


Figura 1. O movimento da esfera celeste

Isto acontece devido aos ventos e turbulências do ar em grandes altitudes, que refratam (desviam) e dispersam a luz vinda das estrelas. Isso tende a espalhar as diferentes cores de seu espectro, essencialmente o mesmo processo que separa as cores da luz do Sol na formação do arco-íris. Como as estrelas estão muito distantes, nos aparecem apenas como

pontinhos, e essa dispersão se torna mais perceptível. Por isto, somente as estrelas, corpos de brilho próprio como nosso Sol, podem apresentar estas características visuais.

Já os planetas nos aparecem diferente. Como estão muitíssimo mais próximos do que as estrelas, seu brilho parece muito mais "firme". Isso acontece porque devido

a proximidade os planetas são vistos por nós não apenas como um ponto, mas sim um pequeno disco (com um binóculo isto fica mais claro). Assim os efeitos de dispersão atmosféricos na luz de seu brilho não são suficientes para lhes causar uma cintilação perceptível.

É desta forma que o astrônomo amador pode, preliminarmente,

diferenciar as estrelas dos planetas: pela cintilação ou "firmeza" de seus brilhos.

O MOVIMENTO DO CÉU

Do amanhecer ao anoitecer é fácil perceber que o Sol "se move" no decorrer do dia. O Sol nos aparece em torno da direção leste e ao meio dia local ele se encontra em sua posição mais alta no céu. A partir daí começa a se aproximar do horizonte novamente, até se por em torno do ponto oeste. O Sol, portanto, aparenta se mover de leste para oeste (figura 1).

Quando anoitece o mesmo ocorre com os outros astros. Se fixarmos nosso olhar a uma estrela próxima do horizonte leste e a acompanharmos durante a noite, notamos que ela faz o mesmo tipo de movimento, indo para o oeste. No decorrer de uma noite, a Lua e eventuais planetas também seguem a mesma trajetória (figura 1).

O movimento de leste para oeste do Sol, da Lua, dos planetas e de todas as estrelas no decorrer de um dia ou de uma noite é

consequência da rotação da Terra em torno de si mesma. É por isto que este movimento é dito aparente (segundo a *teoria heliocêntrica* originalmente proposta por Copérnico) e é o mesmo para todos os astros no decorrer do dia. A este movimento damos o nome de *movimento diário* ou *movimento diurno* da esfera celeste.

A ESFERA CELESTE

Na antiguidade grega a concepção de Universo era diferente mas funcionava bem para a época. Aceitava-

Esfera Armilar

Muitos instrumentos astronômicos usam a concepção de "esfera celeste" em seu funcionamento. A esfera armilar, como ilustra a imagem ao lado, é um exemplo. Ela tem a Terra como centro e ao seu redor, circunferências estruturadas concêntricamente representam Sol, Lua, planetas e, na última, as estrelas. O instrumento prediz com boa precisão o horário local, posição das constelações, solstícios e equinócios.



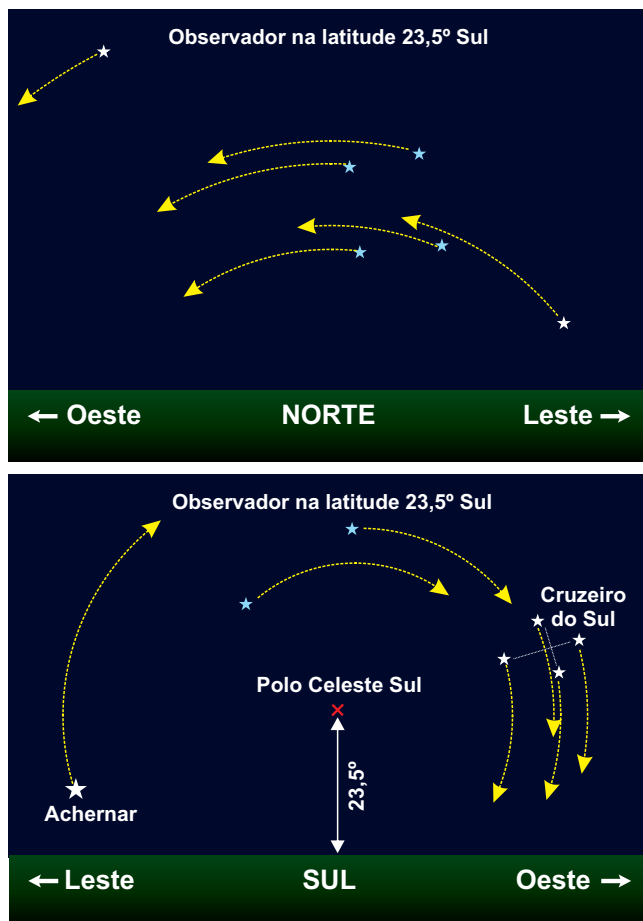


Figura 2 - O polo celeste norte (não visível em nosso hemisfério) e o polo celeste sul.

se que a Terra estava no centro do universo (modelo geocêntrico), e todos os outros astros giravam em torno dela. Planetas, Sol e Lua (que também eram considerados "planetas") orbitavam a Terra cada um com seu ritmo próprio. Por último ficavam as estrelas,

encrustadas em uma esfera de cristal, a mais afastada de nosso planeta. Esta *esfera celeste* parece de fato esférica. É a impressão que temos ao ver estrelas em seu movimento diário ao redor de nós, um efeito de perspectiva.

Hoje sabemos que o

universo é bem mais amplo que isto, que a Terra não está no centro do sistema e que as estrelas não estão fixas em uma casca esférica, mas espalhadas pela galáxia, cada uma a distâncias de nós bastante distintas. Ainda assim os astrônomos mantêm a expressão "esfera celeste" para designar o conjunto de estrelas visíveis que nos circundam.

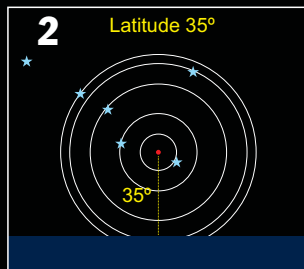
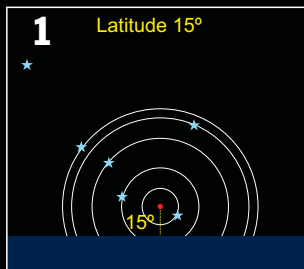
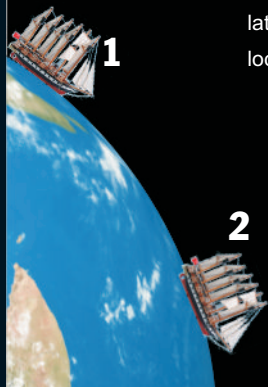
A configuração da esfera celeste não é igual em todo lugar. Dependendo da posição que o observador ocupa na Terra, a esfera celeste se apresenta em diferentes aparências.

Para quem está no hemisfério sul sobre o trópico de Capricórnio (cidade de São Paulo por exemplo - latitude $23,5^\circ$), algumas estrelas visíveis no hemisfério norte não estão acessíveis. Simetricamente aqui não o são no outro hemisfério.

Ao observar o movimento diário das estrelas durante uma noite, notamos duas peculiaridades. Enquanto o "nascente" e o "poente" de estrelas ocorre como citado na página anterior, respectivamente a leste e

A esfera celeste: o GPS das Grandes Navegações

Nas Grandes Navegações europeias, toda embarcação levava um profissional: o *cosmógrafo*. Dentre suas várias atribuições estava a de identificar o polo celeste. O ângulo entre o polo e o horizonte lhe dava a latitude, uma das duas coordenadas geográficas necessárias para sua localização e para a confecção de mapas das novas terras descobertas.



oeste, o movimento aparente das estrelas ao norte e ao sul se configuram de modo muito diferente. Nestas direções o movimento das estrelas descrevem arcos de circunferência concêntricos. Ao norte o centro destes arcos não é visível em nosso hemisfério, enquanto que ao sul é. Este centro de rotação da esfera celeste é chamado de *polo celeste* (figura 2). Para nós que vivemos no hemisfério sul o polo celeste praticamente fica entre a constelação do Cruzeiro do Sul e uma estrela muito brilhante chamada *Achernar*.

No hemisfério norte há uma estrela que praticamente coincide com o polo celeste norte. Por esta razão é

chamada de *Polaris*, ou Estrela Polar.

A cada latitude onde efetuamos a observação o polo celeste ocupa uma certa posição. Quanto menor a latitude, mais próximo do horizonte o polo celeste se encontra. Quanto maior a latitude, mais afastado do horizonte o polo celeste fica.

Esta constatação tem uma aplicação náutica importantíssima, seja para a navegação marítima, seja para a navegação aérea. É medindo a “altura” do polo celeste, ou seja, a sua distância angular em relação ao horizonte, que se obtém a medida da latitude do local. E a latitude é uma

das duas coordenadas geográficas necessárias para nos localizarmos pelo globo terrestre. Todo bom navegador deve ser um bom conhecedor do céu!

Na próxima edição abordaremos as constelações, suas identificações e outros conceitos relacionados.

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

Bibliografia:

Astronomia e Astrofísica
Oliveira; Saraiva; Livraria da Física

Manual do Astrônomo
Ronaldo Rogério de Freitas Mourão

Enciclopédia Ilustrada do Universo
Edição Brasileira

ENCONTRO PAULISTA DE ASTRONOMIA

EPA

ENCONTRO PAULISTA DE ASTRONOMIA
4ª Edição - Angatuba

Paloma de Lourdes Pereira Vieira
6 ano A - Escola Maria Salete

Quando?

23 DE JUNHO

Onde?

ESCOLA PLANETA

R. Teodoro José Rodrigues, 678
Jd. Domingos Orsi - ANGATUBA/SP

A PARTIR
DAS

13h

**EVENTO
GRATUITO**

Atrações Principais

PALESTRAS

PLANETÁRIO

**EXPOSIÇÃO DE
METEORITOS**

OBSERVAÇÃO ASTRONÔMICA

TESTE DE CHAMAS

OFICINA DE FOGUETES

Realização



Apoio



ASTRO
CAN
MANGATUBA-SP





Os diferentes tipos de **PLANETAS**

Rafael Cândido Jr.
eletorafa@gmail.com

No Sistema Solar encontramos dois tipos de planetas: os rochosos (Mercúrio, Venus, Terra e Marte) e gasosos (Jupiter, Saturno, Urano e Netuno). Neste artigo, além de explicar estes dois tipos, vamos conhecer outros que podem ser encontrados pelo Universo e inclusive, alguns já foram pensados pela ficção.

Planetas rochosos

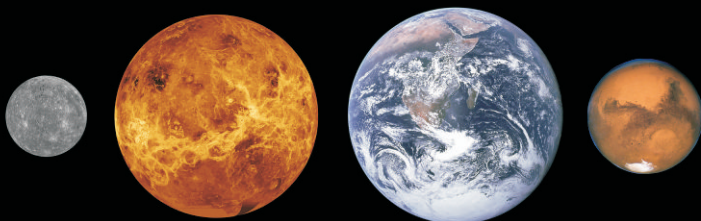
Também são chamados de planetas telúricos, no caso do Sistema Solar, estes planetas têm basicamente a mesma estrutura, um núcleo metálico de ferro envolto por um manto de rochas silicáticas. Mesmo as luas apresentam esta estrutura, porém tendo um núcleo menor.

Estes planetas apresentam relevo com montanhas,

vales crateras e vulcões que podem estar ativos caso tenham atividade tectônica. A atmosfera desses planetas é secundária, ou seja, tem origem no vulcanismo e na ação de impactos de cometas.

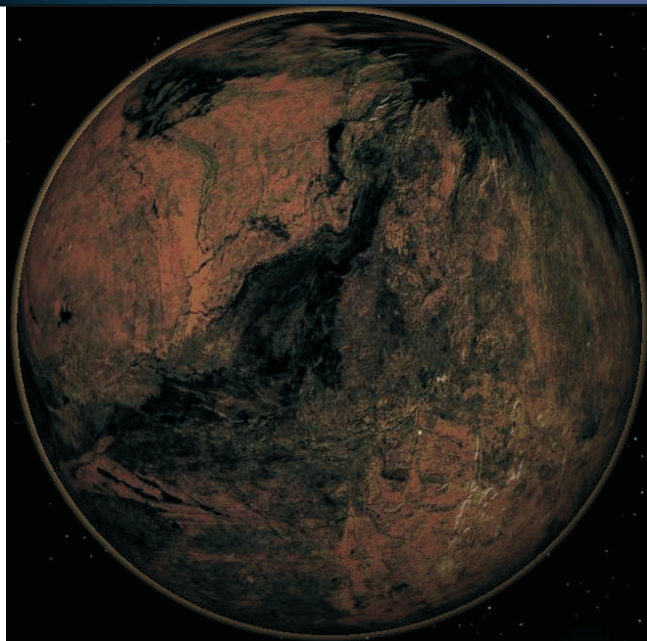
Por apresentar características específicas, são utilizadas subdivisões do conceito de planetas rochosos. Critérios como massa, constituição e temperatura são utilizados para separar os diferentes tipos de planetas rochosos.

Planetas telúricos do Sistema Solar: Mercúrio, Vênus, Terra e Marte (em escala).



Planeta de carbono

Este tipo de planeta é um modelo teórico, ainda não foi encontrado nenhum. Entretanto, presume-se que



Concepção artística de um planeta de carbono. A superfície seria escura e avermelhada devido depósitos de grafite e outros hidrocarbonetos.

o núcleo de Júpiter e de Saturno sejam ricos em carbono.

Estes planetas seriam formados de discos protoplanetários muito ricos em carbono e pobres em oxigênio. Enquanto no Sistema Solar os planetas rochosos são compostos majoritariamente de silicatos, nestes mundos o núcleo seria de ferro envolvido por um manto de carbeto de silício e titânio líquidos.

A crosta seria composta de grafite. Seria interessante ver o fenômeno do vulcanismo em um planeta

deste tipo, considerando que a lava vulcânica seria formada em regiões de alta pressão e temperatura, num mundo de carbono os vulcões poderiam expelir enormes quantidades de

diamante, que é uma forma alotrópica de grafite.

Um planeta de carbono não poderia ter uma atmosfera de oxigênio, que reagiria com o carbono da superfície. Desta forma, é bem provável que a atmosfera apresente gases como metano e, caso haja um pouco de oxigênio, esteja na atmosfera na forma de dióxido e monóxido de carbono.

Planeta deserto

É um modelo teórico de planeta no qual a superfície teria muita semelhança com os desertos quentes da Terra. Especula-se que Vênus tenha se tornado um planeta deserto a 1 bilhão de anos atrás, antes da temperatura do planeta disparar.

Um planeta desértico, sem disparo do efeito estufa, poderia existir à distância de 0,5 UA (unidades



Concepção artística de um planeta deserto. Arte de MarkusBrackelmann.



Concepção artística de um planeta de gelo.
Arte de Keith Monaghan.



Mercúrio, um exemplo de planeta de ferro.
Foto realizada pela nave Messenger, 2008.

astronômicas) em estrelas parecidas com o Sol. Seria necessária uma umidade atmosférica mínima de 1% para remover o dióxido de carbono da atmosfera.

Porém, um aumento na umidade poderia causar o efeito estufa por conta do vapor d'água.

É interessante notar que planetas desérticos são comuns nas ficções científicas. Citam-se como exemplos o planeta Tatooine de Star Wars e Arrakis de Duna.

Planeta de gelo

Na hipótese dos planetas de gelo, a superfície dos mesmos estaria totalmente coberta com gelos de substância voláteis como água, metano e amônia. Dependendo da temperatura podem estar presentes gelos de dióxido e monóxido de carbono

Temos mundos de gelo no Sistema Solar, porém como planetas anões (Eris e Plutão) ou como satélites (Europa, Encélado e Tritão).

Estes planetas têm alto albedo, ou seja, alta refletância da luz, chegando a 90% de reflexão da luz. Dependendo da espécie química do gelo da superfície, a temperatura média do planeta varia entre abaixo de -13°C (gelo de água), abaixo de -93°C (gelo de dióxido de carbono e amônia) e abaixo de -193°C (gelo de metano).

Estes mundos podem conter oceanos subterrâneos, aquecidos pelo efeito de maré e estes podem ser locais onde se encontrem formas de vida.

Estima-se que a Terra foi um planeta de gelo a 650 milhões de anos atrás, com a superfície de gelo chegando

à região equatorial. Este fenômeno foi denominado Terra bola de gelo (Snowball Earth) e parece ter sido recorrente na história geológica da Terra.

Os exoplanetas que são candidatos a serem planetas de gelo são OGLE-2005-BLG-390Lb, OGLE-2013-BLG-0341Lb e MOA-2007-BLG-192Lb.

Planeta de ferro

Neste tipo de planeta existe um núcleo de ferro e o manto é pequeno ou até inexistente. Existe um exemplo no Sistema Solar, Mercúrio, que possui um núcleo muito grande em relação ao tamanho do planeta.

Planetas de ferro são pequenos e muito mais densos que planetas com maior manto silicático. Não possuem um campo



Concepção artística da superfície do planeta COROT-7b.

magnético forte ou tectonismo porque o núcleo sofreu um rápido resfriamento.

Dentre os exoplanetas, o que é mais provavelmente um planeta de ferro é KOI-1843b.

Planeta de lava

É um tipo hipotético de planeta no qual a superfície é totalmente coberta de lava. Esta situação pode ocorrer em planetas rochosos no início de sua formação, que sofreram uma colisão de grande porte ou que estejam muito próximos de sua estrela, causando intensa radiação e forças de maré extremas.

No caso de proximidade com a estrela, a força de maré é suficiente para derreter rochas em magma e causar erupções pela superfície,

equivalente ao que encontramos no satélite Io, que orbita o planeta Júpiter.

A intensa radiação que o planeta recebe também é capaz de derreter as rochas da crosta do planeta, de modo que o lado voltado para a estrela apresenta oceanos de lava e o lado escuro do planeta apresenta lagos de lava, havendo inclusive a possibilidade de

chuva de rochas no lado noturno, devido à condensação de vapor de rocha proveniente do lado quente.

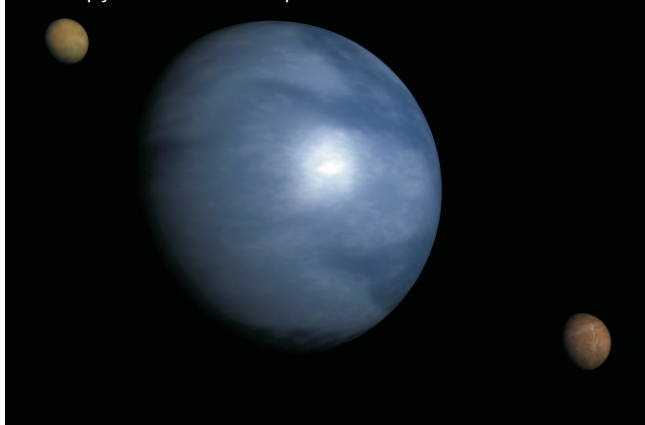
Considera-se também que a massa do planeta seja um fator importante. Planetas rochosos mais massivos que a Terra podem ter tectonismo e vulcanismo mais intenso que nosso planeta. A Terra já foi um planeta de lava também. Principalmente após o impacto de Selene, um corpo celeste do tamanho de Marte que ao colidir com a Terra deu origem a Lua.

Os exoplanetas que provavelmente são planetas de lava são COROT-7b, Kepler-10b e Kepler-78b.

Planeta oceânico

Também chamado de planeta pantalássico, é um

Concepção artística de um planeta oceânico com dois satélites.

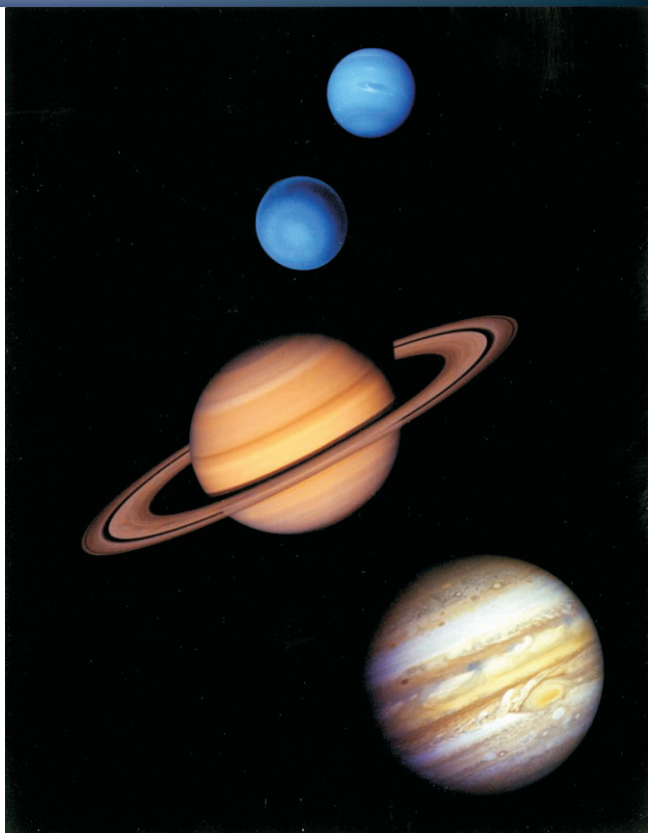


planeta que contém uma substancial quantidade de água ou amônia em sua superfície ou em um oceano subterrâneo.

A tecnologia atual é incapaz de observar diretamente a superfície líquida desses planetas, então a presença de água ou amônia é detectada pelo vapor presente na atmosfera. Considerando a distância do planeta a sua estrela, é possível estimar a temperatura e a presença da forma líquida. Além da Terra, que possui água líquida e gelo em sua superfície, outros mundos do Sistema Solar apresentam oceanos subterrâneos de água: Encélado (Saturno), Europa, Ganimedes e Calisto (Júpiter).

Apesar da Terra ter 70,8% de sua superfície coberta de água, esta contribui com apenas 0,05% da massa da Terra. Comparando com a Terra, os planetas oceânicos teriam oceanos com profundidades de dezenas a centenas de quilômetros. De forma que estes mundos poderiam ter gelos formados não pela baixa temperatura, mas sim por alta pressão no fundo destes oceanos.

Os exoplanetas que são candidatos a serem planetas oceânicos são Kepler-11, GJ



Planetas gasosos do Sistema Solar. De baixo para cima: Júpiter, Saturno, Urano e Netuno (em escala).

1214b, Kepler-22b, Kepler-62f, Kepler-62e e os planetas do sistema TRAPPIST-1.

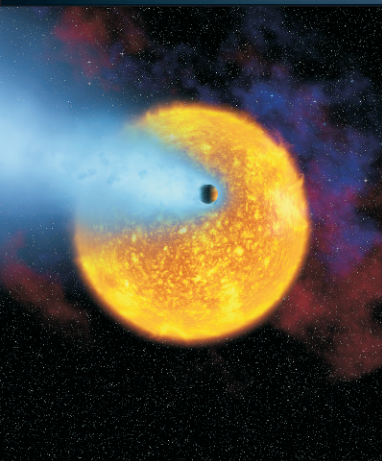
Planetas gasosos

Também denominados de jovianos, em alusão ao planeta Júpiter, são compostos de gás hidrogênio e hélio, provenientes da nuvem planetária que os formou sendo, portanto, planetas de

atmosfera primária. São de grandes dimensões e é estimado que possuam um núcleo rochoso.

A camada atmosférica é tão grande que os gases alcançam pressões que os levam a estados jamais encontrados na Terra, como o hidrogênio metálico.

Assim como nos planetas rochosos, os planetas gasosos apresentam



Concepção artística do exoplaneta Osiris.

características específicas e subdivisões.

Planeta ctônico

É um planeta gigante gasoso que está processo avançado de perda de sua atmosfera por aproximar-se da estrela, deixando o núcleo rochoso em descoberto. O exoplaneta HD 209458 b, nomeado Osiris, está a apenas 7 milhões de quilômetros de distância de sua estrela, o que resulta em uma translação de 3,5 dias terrestres é um exemplo de planeta ctônico. Com temperatura de 1000°C e massa de 220 vezes a da Terra, estima-se que este planeta tenha sido um gigante gasoso.

Planeta de hélio

São gigantes gasosos no qual

o gás preponderante na atmosfera é o hélio. Uma das hipóteses que explicam a formação desses planetas é a evaporação de hidrogênio de um gigante gasoso em uma órbita próxima à estrela. O vento solar seria mais efetivo no arraste de hidrogênio deixando a concentração de hélio nessa atmosfera maior.

Com o arraste de hidrogênio, a atmosfera também é depletada de metano e de água (que possuem hidrogênio em suas moléculas). Desta forma, o carbono e o oxigênio presentes na atmosfera reagem entre si formando dióxido e monóxido de carbono.

Estas duas substâncias constituem a 'assinatura' de um planeta de hélio e foi encontrada no exoplaneta Gliese 436b, o qual contém predominância de

monóxido de carbono em relação ao dióxido.

Gigantes de gelo

São gigantes gasosos que tem na sua constituição gases mais pesados que hidrogênio e hélio. No Sistema Solar temos dois exemplos: Urano e Netuno.

Em Astronomia o termo gelo refere-se a compostos químicos voláteis com pontos de congelamento acima de 100 K, como a água e amônia. O metano, embora tenha ponto de congelamento em 91 K na pressão de 1 atmosfera também é considerado gelo. Nas temperaturas e pressões mais internas desses planetas esses gases apresentam-se no estado de fluido supercrítico.

Nos gigantes de gelo, hidrogênio e hélio constituem apenas 20% em

Concepção artística de um planeta de hélio. Caso pudesse ser observado, apresentaria a cor cinza.



Artist's concept

massa, enquanto que em gigantes gasosos estes gases são 90% da massa.

Júpiter quente

São exoplanetas gigantes gasosos muito similares fisicamente ao planeta Júpiter, porém possuem um período orbital extremamente curto, menor que 10 dias. Com isso, a proximidade com a estrela causa uma temperatura muito alta na superfície. Um Júpiter quente virá a se tornar um planeta ctônico quando estiver na etapa final de perda da sua atmosfera.

O exemplo mais conhecido de um Júpiter quente é o exoplaneta 51 Pegasi b. Descoberto em 1995, foi o primeiro a ser descoberto em uma estrela semelhante ao Sol, com um período orbital de 4 dias.

Netuno quente

É um tipo de planeta gigante



Estruturas internas de gigantes gasosos e gigantes de gelo.

com massa similar à de Urano ou Netuno com raio de órbita menor que 1 UA (unidade de distância entre a Terra e o Sol). Dos exoplanetas encontrados, a maior parte é de Netunos quentes.

O primeiro Netuno quente foi descoberto em 2007, Gliese 436b. Outros exoplanetas deste tipo são HAT-P-11b, HD 160691 c e Kepler-56b.

Super Júpiter

Este tipo de planeta seria o limite entre os planetas e as anãs marrons. São muito mais massivos que o planeta Júpiter, embora tenham um tamanho apenas algumas vezes maior que este planeta.

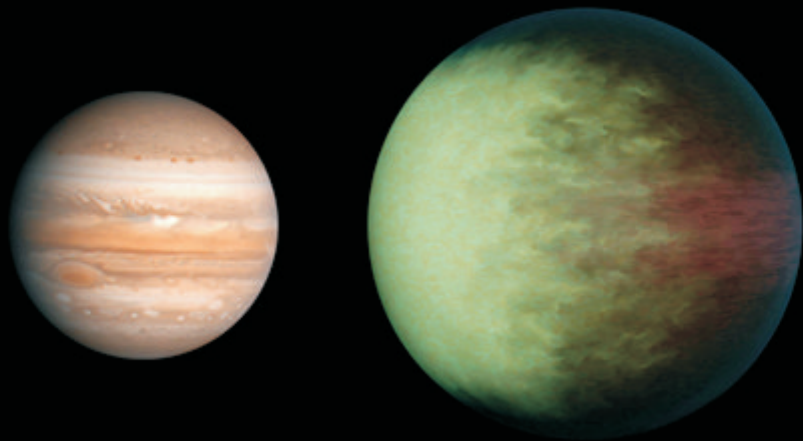
O exoplaneta Corot-3b possui massa 22 vezes maior que Júpiter e tem densidade estimada em 26.4 g/cm³ que



Concepção artística do exoplaneta 51 Pegasi b.



Concepção artística do exoplaneta Gliese 436b. A atmosfera é espalhada como uma cauda de cometa.



Comparação estimada entre o tamanho do planeta Júpiter com um superJúpiter (concepção artística).

é maior que a densidade do ósmio, elemento mais denso da tabela periódica nas condições normais de temperatura e pressão. Isto ocorre porque existe uma extrema compressão da matéria, principalmente hidrogênio, no interior destes planetas.

Em 2012 foi descoberto um super Júpiter orbitando a estrela KappaAndromedae, com órbita de raio 1,8 vezes maior que a distância entre o Sol e Netuno.

Os outros tipos

Nos estudos de Planetologia há ainda outras definições planetárias como os planetesimais, Super Terra,

Sub Terra, Júpiter excêntrico, mini Netuno, planeta de pulsar e várias outras categorias muito interessantes.

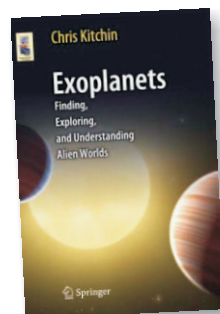
É importante lembrar que um planeta pode estar em mais de uma classificação. Nada impede que um planeta seja uma Super Terra de carbono ou um Super Júpiter quente. Alguns pesquisadores sugerem inclusive que o planeta de lava seja incluso na classificação de oceânico, por ser um oceano de lava.

Com o desenvolvimento de técnicas de detecção de exoplanetas e novas descobertas, estas classificações podem ser

alteradas em novas reuniões da União Astronômica Internacional.

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:
Exoplanets – Finding, Exploring and Understanding Alien Worlds. Chris Kitchin.





NGC 3372 - Caldwell 92
Astrofotógrafo: Bruno Bonicentro
Maio/2018
Maringá - PR



www.pb.utfpr.edu.br/geastro





NOÇÕES BÁSICAS DE *Mecânica Orbital*

Wilson Guerra

wilsonguerra@gmail.com

Manter uma espaçonave ou um satélite de comunicação em órbita não é uma tarefa trivial quanto dirigir um carro na faixa correta da rodovia ou pilotar um avião na trajetória programada. Lá fora o cotidiano não permite muitas opções caso algo não dê exatamente como o planejado. Não dá para pisar o pé no freio e engatar a ré.

Assim, colocar um artefato espacial em órbita ou enviar uma sonda para outro planeta requer todo um planejamento prévio envolvendo uma série de parâmetros cinemáticos e dinâmicos que se desejam ter. Tudo regido pela força predominante no universo,

de escala astronômica: a força da gravidade.

Estudar o movimento das espaçonaves em órbita é uma intersecção da Física e da Astronomia denominada *Mecânica Orbital*. O objetivo aqui é conhecer um pouco das noções fundamentais deste estudo.

ENTRANDO EM ÓRBITA

O que mantém um objeto (espaçonave, planeta, Lua, etc) em órbita é o seu peso. Isso parece contraditório,

mas não é difícil entender quando imaginamos o lançamento de balas de um canhão.

Pense em um canhão no topo de uma montanha bem alta, de altura h (figura 1). Se a bala é simplesmente solta, sem disparo, ela cai ao solo em linha reta, devido a ação da força gravitacional, ou seja, de seu peso. Se a bala é lançada com uma pequena velocidade, seu movimento de queda descreve uma trajetória curva, também resultado da ação do peso.

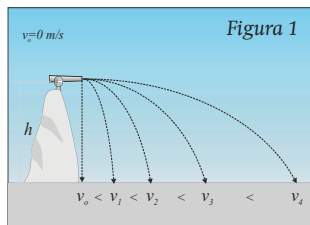


Figura 1

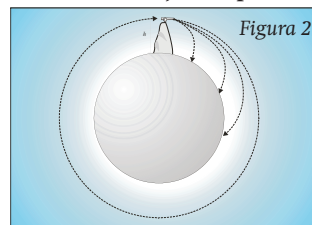


Figura 2

Quanto maior a velocidade do disparo, mas "aberta" é esta curva, de modo que a bala alcança distâncias cada vez maiores durante sua queda. Acontece que a superfície da Terra também é curva, pois nosso planeta é praticamente redondo. O peso faz o projétil do canhão cair descrevendo curvas cada vez mais abertas, e como a superfície da Terra também faz curva, mais distante é o alcance de nossa hipotética bala. Assim haverá uma velocidade de disparo muito precisa em que a curva descrita pela bala durante sua queda não alcançará a superfície (figura 2). O projétil continua caindo, ou seja, descrevendo uma trajetória curva devido a ação de seu peso, mas já não atinge o solo porque sua superfície é igualmente curva. Nosso projétil está em uma queda infinita. Neste momento a bala de canhão *entrou em órbita*. Esta órbita é mantida graças a ação de seu peso, ou seja, a atração gravitacional entre o projétil e a Terra. Sem o peso, o projétil iria embora, em linha reta!

No lançamento de naves espaciais não há montanhas tão altas nem são usados canhões. Para substituí-los, os engenheiros usam foguetes propulsores (figuras 3 e 4). Sua função é

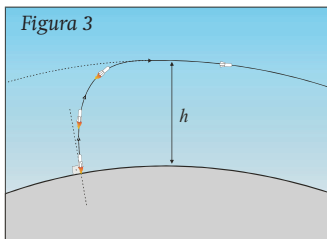


Figura 3

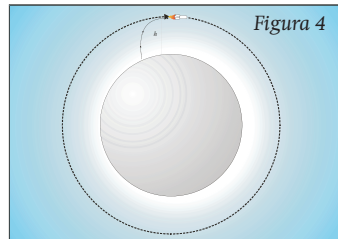
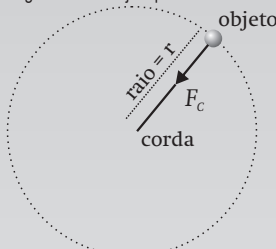


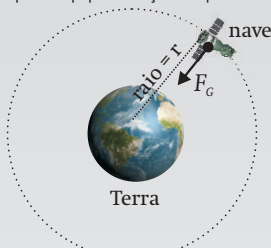
Figura 4

Um pouco de matemática: determinando as velocidades orbitais

Na Física do Ensino Médio aprendemos que um objeto realiza movimento circular graças a ação de uma força centrípeta (=que aponta para o centro). Isto ocorre, por exemplo, quando giramos um objeto preso a uma corda.



Uma espaçonave em órbita da Terra tem o comportamento idêntico. Neste caso é o peso da nave, ou seja, a atração da gravidade, que desempenha o papel da força centrípeta.



Esta força centrípeta pode ser calculada por:

$$F_c = \frac{mv^2}{r}$$

Onde m é a massa da nave, v é sua velocidade na órbita e r é o raio da órbita (distância da nave ao centro da Terra).

O peso da nave é determinado pela Lei da Gravitação Universal:

$$F_g = \frac{GMm}{r^2}$$

Onde G é a Constante da Gravitação Universal e M é a massa da Terra.

Como a força gravitacional sobre a nave atua como uma força centrípeta, podemos igualar as duas.

$$F_c = F_g$$

Substituindo teremos:

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$$

Após simplificar m e r teremos:

$$\cancel{m}v^2 = \frac{GM\cancel{m}}{r^{\cancel{2}}}$$

$$v^2 = \frac{GM}{r}$$

E finalmente obtemos a velocidade:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad (1)$$

Portanto cabe aos engenheiros aeroespaciais desenvolverem foguetes e propulsores capazes de levar a nave até a órbita de raio r com a velocidade v dada por esta equação. Se isto for feito, a nave permanece em órbita. EXEMPLO: a Estação Espacial Internacional está a 350km de altura. Somando com raio da Terra (6.400km), sua órbita tem $r=6.750\text{km}$ ou $6,75.10^6\text{m}$. Sabemos que a massa da Terra é de $M=6.10^{24}\text{kg}$ e que $G=6,7.10^{-11}\text{m}^3/\text{kg.s}^2$.

Substituindo na equação (1):

$$v = \sqrt{\frac{6,7.10^{-11}.6.10^{24}}{6,75.10^6}}$$

Calculando, obtemos:

$$v \approx 7.700\text{m/s}$$

Que em quilômetros por hora é:

$$v = 28.000\text{km/h}$$

levar a nave na altura certa com a velocidade precisa para a órbita desejada. Com velocidades menores a espaçonave cai de volta no solo; com velocidades maiores ela pode se afastar demais da Terra e nunca mais retornar.

ACERTANDO AS ÓRBITAS

Nem sempre um satélite ou espaçonave atinge a órbita desejada logo após o lançamento. Geralmente a espaçonave é lançada em uma órbita baixa, de cerca de 250km de altura. Depois os propulsores são ligados durante alguns minutos, imprimindo um acréscimo em sua velocidade. Com isso a configuração de sua órbita é alterada, tornando-se mais elíptica (parecida com uma "circunferência esticada"). Esta trajetória elíptica é chamada *órbita de transferência*. Tudo é calculado de tal forma que seu ponto mais afastado (apogeu) coincide com a órbita final desejada. Quando a nave atinge esta posição, os motores são novamente ligados, imprimindo novo acréscimo de velocidade e reconfigurando sua trajetória para a órbita final.

Note que nestes procedimentos os motores são acionados apenas para se

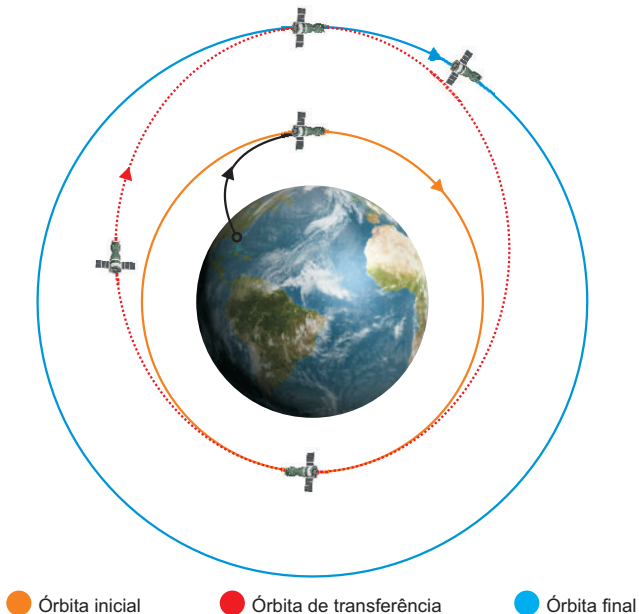
efetuar a transferência em pontos bem específicos. No restante do tempo os motores permanecem desligados, pois o movimento se mantém naturalmente, não requerendo nenhum tipo de propulsão.

Periodicamente a espaçonave pode precisar de um "empurrão extra" para acertar sua órbita. Como a distribuição de massa da Terra não é totalmente uniforme, pequenas variações nas órbitas previstas podem se acumular com o tempo. Para órbitas mais baixas pequena quantidade de ar residual da atmosfera pode imprimir um pequeno "freio" nos

satélites e naves. Por isso pequenas propulsões são efetuadas periodicamente para corrigir as velocidades orbitais. Isto acontece, por exemplo, com a Estação Espacial Internacional.

PARA ALÉM DA TERRA

Para enviar objetos para além da órbita da Terra é necessário romper a barreira gravitacional que o mantém em nosso planeta. Para tanto os foguetes precisam imprimir uma velocidade suficientemente alta para que a espaçonave não retorne mais. Esta velocidade é chamada de *velocidade de escape* (para mais detalhes sobre isto, consulte a matéria Velocidade de Escape da



Um pouco de matemática: equação da Velocidade de Escape



Para um objeto ser lançado fora da influência gravitacional de um astro, ele precisa receber velocidade de tal forma que a energia cinética K (de movimento) se iguale ou supere a energia potencial gravitacional U . Sabemos que:

$$K = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$U = \frac{G \cdot M \cdot m}{r}$$

Desta forma, na velocidade de escape, K é pelo menos igual a U .

$$K = U$$

Substituindo e isolando v , teremos:

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{G \cdot M \cdot m}{r}$$

$$v^2 = \frac{2 \cdot G \cdot M}{r}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M}{r}}$$

edição n. 5 da AstroNova).

Foi com velocidade de escape que as naves Apollo levaram astronautas à Lua. É assim também que sondas escapam da gravidade da Terra para pesquisar outros planetas e suas superfícies. É o caso, por exemplo, do jipe robótico *Curiosity* da Nasa, que atualmente corre o solo de Marte. Em um caso mais extremo existem as sondas Voyager que adquiriram velocidade de escape do Sistema Solar e hoje rumam para o espaço interestelar.

ÓRBITA GEOESTACIONÁRIA

Existe uma órbita localizada a quase 38.000km de distância da superfície da Terra que apresenta características especiais. Nela, a velocidade das naves ali alocadas faz com que elas percorram uma volta completa em torno da Terra em exatamente 24 horas. O mesmo tempo que a Terra leva para completar uma rotação em torno de seu eixo. Vistos da Terra, os satélites em órbita geoestacionária parecem parados, daí o termo *estacionário*. Isto ocorre porque enquanto os satélites giram nesta órbita, nós giramos junto no mesmo ritmo.

É nesta órbita que se localizam os principais satélites comerciais de telecomunicações. Por serem estacionários, as antenas de recepção na Terra podem ser fixas, dispensando a necessidade de sistemas para movê-las em busca de receber os sinais. Atualmente existem centenas de satélites em órbita geoestacionária.

Wilson Guerra é professor.

Graduou-se em Física (UEM), tem especialização em Astrobiologia (UEL) e atualmente é mestrando em Educação Científica.

Bibliografia recomendada:

Propulsão e Controle de Veículos Aeroespaciais: Uma Introdução - 2002 - Editora da UFSC

Um pouco de matemática: determinando o raio da Órbita Geoestacionária



Para que o satélite seja geoestacionário, seu período de revolução (T) deve ser o mesmo da rotação da Terra. Sua velocidade na órbita pode ser calculada pela definição clássica de velocidade:

$$v = \frac{d}{T}$$

Onde d é o comprimento de uma órbita e T é o tempo para completá-la. Como a órbita é circular, d é o comprimento da circunferência ($C=2\pi r$). Substituindo:

$$v = \frac{C}{T} \Rightarrow v = \frac{2\pi r}{T}$$

Assim podemos igualar a equação (1) da página 42 com a anterior:

$$\sqrt{\frac{GM}{r}} = \frac{2\pi r}{T}$$

Finalmente, isolando r , teremos:

$$r = \sqrt[3]{\frac{T^2 GM}{4\pi^2}}$$

Substituindo os valores para a Terra, ou seja, $M=6.10^{24}$ kg, $T=24$ h=86.400 s e $G=6.7.10^{-11}$ m³/s².kg, obtemos:

$$r = \sqrt[3]{\frac{86400^2 \cdot 6.7 \cdot 10^{-11} \cdot 6.10^{24}}{4\pi^2}}$$

$$r=42.200km$$

Descontando o raio da Terra, que é de 6.400km, isto significa dizer que a órbita geoestacionária fica a quase 38.000km acima da superfície de nosso planeta.

PELA PRODUÇÃO E DIFUSÃO CIENTÍFICA



GRUPO DE ASTRONOMIA

PERSEUS



CEARÁ - BRASIL





Lua Cheia de perigeu
Astrofotógrafo: Newton Cesar Florencio
Janeiro/2018
Londrina - PR



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

13 Anos

*Divulgando a Beleza do Universo
revelada pela Ciência*



www.grupocentauro.org



**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