

Relembrando a Lei de Titius-Bode (Remembering the Law of Titius-Bode)

Valdir Monteiro dos Santos Godoi

valdir.msqodoi@gmail.com

*A hypothesis for the existence of asteroid belt.
Commentaries about Nibiru, asteroids and Sun.*

Numa época em que estamos cada vez mais procurando novos planetas e a vida fora do Sistema Solar, assim como a detecção de corpos celestes perigosos à humanidade, a exemplo de cometas e do lendário Nibiru (Hercólubus, Nêmesis, Absinto, Planeta X, Décimo-Segundo Planeta, etc.), vale a pena lembrar da antiga lei de Titius-Bode^{[1], [2]}, ou lei de Bode (1772), mas que na realidade deveria ser chamada só de lei de Titius^[2], e que por algum motivo desconhecido fornece a distância aproximada dos planetas do Sistema Solar ao Sol.

Se escrevermos a série 0, 3, 6, 12, 24, ..., adicionarmos 4 e dividirmos por 10 obteremos os números que representam as distâncias médias dos planetas ao Sol, em unidades astronômicas, conforme tabela 1 abaixo. Esta é a lei de Titius-Bode. Se esta lei é um acidente empírico ou é uma constatação relacionada à origem e à evolução do Sistema Solar pelas leis físicas é uma questão que ainda permanece em aberto^[3].

Planeta	k	distância pela lei de T-B(UA)	Distância real (UA)	% erro
Mercúrio	0	0.4	0.39	2.56 %
Vênus	1	0.7	0.72	2.78 %
Terra	2	1.0	1.00	0.00 %
Marte	4	1.6	1.52	5.26 %
Ceres	8	2.8	2.77	1.08 %
Júpiter	16	5.2	5.20	0.00 %
Saturno	32	10.0	9.54	4.82 %
Urano	64	19.6	19.2	2.08 %
Netuno	128	38.8	30.06	29.08 %
Plutão	256	77.2	39.44	95.75 %

Tabela 1 – Comparação entre a distância dos planetas ao Sol e a lei de Titius-Bode, em U.A.

O planeta Ceres foi descoberto na posição correspondente a $k = 8$ na tabela 1, posição que não era ocupada por nenhum planeta conhecido à época, mas se acreditava que deveria corresponder a um verdadeiro planeta. Em janeiro de 1801 o padre e astrônomo italiano Giuseppe Piazzi anuncia a descoberta de um pequeno planeta entre Marte e Júpiter, ao qual se

deu o nome de Ceres^[2], ocupando a posição vaga até então na lei de Titius-Bode. Isto trouxe consigo ainda outra descoberta de maior importância: o cinturão de asteroides^[2].

O cinturão de asteroides é uma região do Sistema Solar compreendida entre as órbitas de Marte e Júpiter, aproximadamente. Alberga múltiplos objetos irregulares, os asteroides^[4], dentre eles Ceres. Esta faixa é conhecida também como *cinturão principal*, contrastando com outras concentrações de corpos menores como, por exemplo, os asteroides troianos, que coorbitam com Júpiter^[5], e o cinturão de Kuiper, que se estende de uma faixa de distância ao Sol de cerca de 30 U.A. (próximo da órbita de Netuno) até cerca de 50 U.A.^[6]

Como o cinturão se localiza em órbita prevista pela lei de Titius-Bode, o astrônomo Olbers achou que os asteroides do cinturão eram fragmentos da explosão de um planeta que lá teria existido. Hoje essa ideia é rejeitada por várias razões. Não há um mecanismo plausível capaz de provocar a suposta explosão. Nem há evidências mineralógicas, inferidas através de meteoritos, de que asteroides tenham sido parte de um grande planeta. (...) Asteroides seriam fragmentos de agregados inacabados de planetesimais.^[7]

Fora da faixa do cinturão, mais próximo de Marte, também tem particular interesse dois asteroides cujas órbitas cruzam a órbita da Terra: Apollo e Ícarus^[7]. Cálculos de *Mecânica Celeste* podem certamente prever quando, ou se, haverá uma “calamitosa” colisão entre a Terra e algum destes cometas, ou ainda alguma indesejável aproximação. Conforme [8], a próxima aproximação de Ícarus será em 16 de junho de 2015, a 8,1 *Gm* de distância da Terra (1 *Gm* = 10⁹ m = 1 bilhão de metros = 1 milhão de quilômetros). A anterior, em 1996, foi a 15,1 *Gm*, mas raramente a aproximação é inferior a 6,4 *Gm* (dezesseis vezes a distância Terra-Lua), conforme foi em 14 de junho de 1968. Quanto a Apollo, trata-se na realidade de uma família pouco numerosa de asteroides, com cerca de 60 membros, cujos tamanhos são de 1 a 2 *km*^[7]. O maior membro conhecido desta família, entretanto, é chamado de 1866 Sisyphus, e tem cerca de 10 *km* de diâmetro^[9]. Outro membro importante e preocupante desta família é conhecido como 99942 Apophis, por sua possibilidade relativamente elevada de atingir a Terra em 2036^[9], de cerca de 1:45000^[10]. Vejam, por exemplo, esta interessante página em <http://neo.jpl.nasa.gov/> (*Near Earth Object Program*), bem como esta notícia antiga sobre Apophis e a diferença de entendimento entre a Nasa e a Agência Espacial Russa, pelo menos naquela época: <http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2009/12/672840-russia-monta-plano-para-salvar-terra-de-asteroide-nasa-descarta-perigo.shtml>.

Vamos agora voltar à conjectura de Olbers (autor do famoso paradoxo de Olbers^[11] e também descobridor do cometa de Olbers e de dois asteroides, Pallas e Vesta^[12]), e supor que o cinturão de asteroides tenha sido gerado não por explosão, mas através da colisão entre um planeta maior hoje desconhecido e um outro planeta, talvez Júpiter, gerando assim também o seu respectivo cinturão troiano, ou talvez ainda outro planeta hoje completamente inexistente, inteiramente fragmentado nestes inúmeros asteroides. Nosso candidato natural ao planeta maior é o lendário Nibiru.

A referência [13] fornece vários argumentos contra a hipótese da existência de Nibiru, e devem ser respeitados, mas mesmo assim manteremos nossa determinação de fazer alguns cálculos elementares supondo que este hipotético grande planeta tenha passado pela órbita do cinturão de asteroides, provocando na passagem colisões com desprendimentos de massas

(os asteroides) e ainda continua com sua órbita elíptica e periódica pelo Sistema Solar, voltando novamente a esta região algum dia. Nossa principal motivação é estimar qual o efeito que esta suposta passagem poderia ocasionar na Terra, pois gostaríamos que ele fosse bem pequeno, de preferência imperceptível.

Pela internet é possível encontrar várias informações a respeito de Nibiru. Em especial os vídeos do *Youtube* em inglês estão cada vez mais assustadoramente convincentes, mas quando nos lembramos dos vários fins do mundo com hora marcada que já foram anunciados e não aconteceram (felizmente), a exemplo dos anos 2000, 2003 e 2012, acabamos por não dar muita atenção (ou até nenhuma) para estes assuntos.

Já li que Nibiru teria um tamanho aproximadamente igual ao de Júpiter, em outros lugares se vê que ele pode ser 4 ou 5 vezes maior que Júpiter, também se ouve que Nibiru pode chegar a 14 vezes o tamanho de Júpiter, ou seja, uma grande faixa de possibilidades para este gigante. Seu período de translação também é completamente fora de consenso: 3600 anos, 6666 anos, 12000 anos, 25000 anos. Também seu plano de órbita, ou igual ao do Sistema Solar, inclinado ou perpendicular a este, variando conforme a fonte que passa a informação. O movimento perpendicular ao plano do Sistema Solar (eclíptica) parece ser o mais perigoso movimento possível, pois ele se aproximaria pelo sul, num hemisfério com poucos observatórios, numa trajetória que não poderia ser vista a noite, e só se tornaria visível após passar pelo periélio de sua órbita e se dirigir ao hemisfério norte, quando começaria a provocar a temida tragédia. Sobre esta aproximação vejam no *Youtube* uma explicação do professor Laercio Fonseca (<http://www.youtube.com/watch?v=CyILPS6F8B4>), físico com especialização em Astrofísica que abandonou a carreira acadêmica que estava seguindo para se dedicar a outros projetos ditos *esotéricos*.

A distância D do cinturão de asteroides à Terra é aproximadamente igual a 1,77 U.A. ou $D = 2,65 \times 10^{11} \text{ m}$ (1 U.A. = 149 597 870 700 m), conforme tabela 1, e a massa de Júpiter é de aproximadamente $M_J = 1,8986 \times 10^{27} \text{ kg}$.

Usando $G = 6,67384 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ para a constante da gravitação universal obtemos para a aceleração a_1 que um planeta da massa de Júpiter localizado no cinturão de asteroides aplicaria a um corpo na superfície da Terra

$$a_1 \approx \frac{GM_J}{D^2} \approx 1,80 \times 10^{-6} \text{ m/s}^2. \quad (1)$$

Para um corpo naquela distância D e para 5, 10 ou 15 massas de Júpiter obtemos, respectivamente,

$$a_5 \approx 5 \frac{GM_J}{D^2} \approx 9,02 \times 10^{-6} \text{ m/s}^2, \quad (2)$$

$$a_{10} \approx 10 \frac{GM_J}{D^2} \approx 1,80 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2, \quad (3)$$

$$a_{15} \approx 15 \frac{GM_J}{D^2} \approx 2,71 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2. \quad (4)$$

Estas acelerações são muito menores que a provocada pela própria Terra a um corpo em sua superfície ($\approx 9,8 \text{ m/s}^2$), ou o Sol ($\approx 5,93 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$)^[14], mas já é comparável à

influência da Lua sobre a Terra ($g_{Lua} \approx 3,34 \times 10^{-5} m/s^2$)^[14], ainda que menor (felizmente). A Lua é a principal responsável pelas marés e talvez alguns outros fenômenos atmosféricos (o ar também é um fluido), assim a passagem do “fantasmagórico” Nibiru tenderia a aumentar estes efeitos (de maneira extrema, seria como se a Lua tivesse quase o dobro da sua massa). Mas mesmo sem a sua presença é bom estar alerta para o fato de que o Sol, sozinho, já pode colaborar para o surgimento de diversos fenômenos atmosféricos, visto que sua influência (num elemento de massa dm sobre a Terra, capaz de provocar-lhe deslocamento) é mais de 170 vezes maior que a da Lua.

Se o magnetismo desse planeta for muito intenso também se diz que poderia provocar mudanças no eixo de rotação da Terra, que por sua vez traria outros desastres provocados pela inércia. Podemos equiparar o eixo de rotação da Terra à agulha de uma bússola e Nibiru a um ímã, que passa com determinada velocidade. Conforme mencionado para o caso atmosférico, o Sol, sozinho, também já pode influenciar o campo magnético terrestre.

O que aqui escrevi foi uma manifestação de minha curiosidade pessoal, mas também pode auxiliar outras pessoas interessadas no tema. Particularmente creio que a existência dos asteroides é capaz de trazer complicações mais bem determinadas, prováveis e perigosas do que Nibiru, pelo menos no caso deste “monstro” não passar ainda mais próximo de nós do que o aqui calculado, e que sua massa não seja muito maior do que o mencionado. Voltando à lei de Titius, sua órbita poderia ser buscada nos próximos valores de k teóricos, a 77,2 U.A. (Plutão poderia ser originalmente apenas um satélite de Netuno^[3], explicando porque esta lei falha grosseiramente para Plutão, hoje classificado como um planetóide ou planeta anão) ou mais. Sua órbita no plano da eclíptica, e sem o Sol ser uma estrela binária, não deveria trazer problema algum, segundo a Mecânica Celeste (e também não poderia ser o responsável pelo cinturão de asteroides).

Vamos então a seguir calcular uma última estimativa utilizando a terceira lei de Kepler (1619) corrigida: a relação entre os cubos dos eixos maiores das elipses e os quadrados dos períodos dos movimentos planetários é igual (para cada planeta) a $\frac{\mu}{4\pi^2}$, onde μ é o produto da constante gravitacional G pela soma da massa do Sol com a do planeta^[15], ou seja

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{\mu}{4\pi^2}, \quad (5)$$

e assim

$$T = 2\pi a \sqrt{\frac{a}{G(M_S + M_P)}}, \quad (6)$$

sendo a massa do Sol $M_S \approx 1,989 \times 10^{30} kg$ e M_P a massa do planeta.

A tabela 2 abaixo é uma projeção da tabela 1 substituindo Ceres pelo cinturão de asteroides e Plutão e seus próximos dois vizinhos por planetas desconhecidos, X1, X2 e X3, respectivamente. O período teórico foi calculado pela equação (6) anterior. Os dados dos semi-eixos, da massa e do período orbital real foram retirados de [3], usando para a massa da Terra $M_T = 5,9722 \times 10^{24} kg$, e admitindo-se que para X1, X2 e X3 seus semi-eixos orbitais são

iguais à distância D da lei de Titius-Bode. Admiti também que as massas de X1, X2 e X3 são iguais a 4 vezes a massa de Júpiter; quanto maior a massa menor o período, e vice-versa. A massa e período do cinturão de asteróides foram obtidos como a média dos respectivos valores mínimos e máximos dados em [4]. Consideramos um ano como tendo 365,25 dias, totalizando 1 ano = 31 557 600 s.

Planeta	k	$n=3k$	D (U.A.) $= (n+4)/10$	a (m)	M_p (kg)	T teórico (anos)	T real (anos)
Mercúrio	0	0	0,4	$5,79 \times 10^{10}$	$3,34 \times 10^{23}$	0,241	0,241
Vênus	1	3	0,7	$1,08 \times 10^{11}$	$4,88 \times 10^{24}$	0,613	0,615
Terra	2	6	1,0	$1,50 \times 10^{11}$	$5,97 \times 10^{24}$	1,004	1,000
Marte	4	12	1,6	$2,28 \times 10^{11}$	$6,45 \times 10^{23}$	1,881	1,881
Cinturão	8	24	2,8	$3,96 \times 10^{11}$	$3,30 \times 10^{21}$	4,306	4,750
Júpiter	16	48	5,2	$7,78 \times 10^{11}$	$1,90 \times 10^{27}$	11,85	11,86
Saturno	32	96	10,0	$1,42 \times 10^{12}$	$5,69 \times 10^{26}$	29,24	29,46
Urano	64	192	19,6	$2,88 \times 10^{12}$	$8,72 \times 10^{25}$	84,46	84,01
Netuno	128	384	38,8	$4,51 \times 10^{12}$	$1,03 \times 10^{26}$	165,5	164,8
X1	256	768	77,2	$1,15 \times 10^{13}$	$7,59 \times 10^{27}$	672,7	?
X2	512	1536	154,0	$2,30 \times 10^{13}$	$7,59 \times 10^{27}$	1902	?
X3	1024	4608	461,2	$6,90 \times 10^{13}$	$7,59 \times 10^{27}$	9886	!

Tabela 2 – Obtenção do período orbital teórico pela lei de Kepler para mais 3 hipotéticos planetas do Sistema Solar

Claro que é possível “brincar” com estas variáveis dos planetas X fazendo-se aumentos ou diminuições de valores até o período imaginado. Para aumentar o período orbital devemos diminuir a massa do planeta, mas a massa do Sol ainda dominará os resultados. Surpreendentemente o período orbital teórico que obtivemos para X3, numa órbita de raio médio igual a 461,2 U.A., quase 70 milhões de km, é próximo de 10 mil anos, uma época antes de Cristo que se diz haver sido a destruição da também lendária Atlântida^[16] e o fim da última era glacial. Curiosamente, consta a seguinte afirmação em [17]: “De fato, estaríamos em vésperas de uma nova Era Glacial, já que em média o planeta experimenta 10.000 anos de era quente a cada 90.000 anos de Era de Gelo.” Questão interessante, se não for tudo coincidência.

Termino este artigo, absolutamente informal mas que merece atenção, mencionando duas informações retiradas de [9] e [10]:

1) Reconstrução da trajetória orbital seguida pelo meteoróide que atingiu a Terra em 15 de fevereiro de 2013 - o [Meteoro de Cheliabinsk](#)^[18] - com base nos vídeos amadores gravados permitiram concluir com segurança que esse era antes de sua colisão um asteroide do grupo Apollo.

2) Segundo o site da NASA (Near Earth Object Program) o Apophis se aproximará a 0,02 raio terrestre, na alta atmosfera, a cerca de 120 km do solo (abaixo dos satélites) nos dias

12/04/2068 e 15/10/2069. Considerando a janela de impacto, a probabilidade de colisão é muito grande.

Da informação (1) anterior vemos que o perigo dos asteroides de Apollo é bem real, e atual. Os russos, já de certa forma experientes com grandes impactos, estão bastante cientes deste problema, assim como os chineses. A Nasa, surpreendentemente, parece não se manifestar tão diretamente sobre o assunto, ao ponto de se multiplicarem motivos para a criação de *teorias da conspiração*.

De (2) vemos que 120 km do solo é uma distância tão pequena quanto viajar de São Paulo a Campinas, senão menor. Ainda que não haja um impacto direto, que calor e ventania essa aproximação gerará, a exemplo do meteoro russo por comparação? Aos que amam os filhos, os netos, a família, a humanidade e a si próprios, digo sim que vamos conseguir vencer tudo que é preciso.

Referências

1. http://pt.wikipedia.org/wiki/Lei_de_Titus-Bode
2. <http://www.mat.uc.pt/~helios/Mestre/H34bode.htm>
3. Sato, Massae, *Dinâmica do Sistema Solar*, em *Astronomia e Astrofísica*, cap. 4, ed. W. J. Maciel. São Paulo: IAG-USP (1991).
4. http://pt.wikipedia.org/wiki/Cintura_de_asteroides,
http://en.wikipedia.org/wiki/Asteroid_belt
5. http://pt.wikipedia.org/wiki/Asteroides_troianos_de_J%C3%BApiter
6. http://pt.wikipedia.org/wiki/Cintura_de_Kuiper
7. Matsuura, Oscar T., *Corpos Menores*, em *Astronomia e Astrofísica*, cap. 6, ed. W. J. Maciel. São Paulo: IAG-USP (1991).
8. http://pt.wikipedia.org/wiki/1566_%C3%8Dcaro
9. http://pt.wikipedia.org/wiki/Asteroide_Apollo
10. <http://pt.wikipedia.org/wiki/Apophis>
11. http://pt.wikipedia.org/wiki/Paradoxo_de_Olbers
12. Bassalo, J. M., *Olbers, suas contribuições à Astronomia e o seu "paradoxo"*, Seara da Ciência - Curiosidades da Física, <http://www.seara.ufc.br/folclore/folclore23.htm>
13. http://en.wikipedia.org/wiki/Nibiru_cataclysm
14. Godoi, V.M.S., *Commentaries on the Gravitational Blindage*, <http://www.vixra.org/abs/1502.0098> (2015).

15. Ferraz-Mello, S. e Klafke, J.C., *A Mecânica Celeste*, em *Astronomia – Uma Visão Geral do Universo*, cap. 4, org. Friaça, A.C.S. et al. São Paulo: Edusp (2008).

16. <http://pt.wikipedia.org/wiki/Atl%C3%A2ntida>

17. http://pt.wikipedia.org/wiki/Era_do_gelo

18. http://pt.wikipedia.org/wiki/Meteoro_de_Cheliabinsk