



FABIO CHALUB
Universidade
Nova de Lisboa
chalub@fct.unl.pt

A MATEMÁTICA DO PLANETA VULCANO

O ano 2017 foi espetacular para quem gosta do espaço. A maior descoberta, até hoje, de planetas fora do sistema solar, e um eclipse total de tirar o fôlego. Contaremos hoje como a matemática ajudou a descobrir planetas – os que estavam lá e os que não estavam. Não é a história de um erro, mas de como a ciência tem a enorme capacidade de autocorreção.

Um sistema extra-solar com três planetas na chamada região habitável (onde as rochas são sólidas e a água, líquida) foi recentemente anunciado com grande fanfarra [1].

No entanto, não é desta descoberta que vamos falar, apesar de muita matemática ter sido necessária para chegarmos a este ponto. Iremos, na verdade, voltar no tempo e falar da descoberta dos planetas do nosso sistema, uma história que junta eclipses grandiosos, telescópios cada vez mais potentes, o início da fotografia, coincidências, grandes erros e muitos, muitos, cálculos. Mas, mesmo nos desacertos, não é uma história de falhas, e sim de como dentro da ciência erros ocorrem – pois é humano cometê-los – e são corrigidos. Falaremos de muitos astrónomos, mas é bom ter em mente que até o final do século XIX a astronomia teórica era vista como uma área mais próxima da matemática do que da física (como hoje).

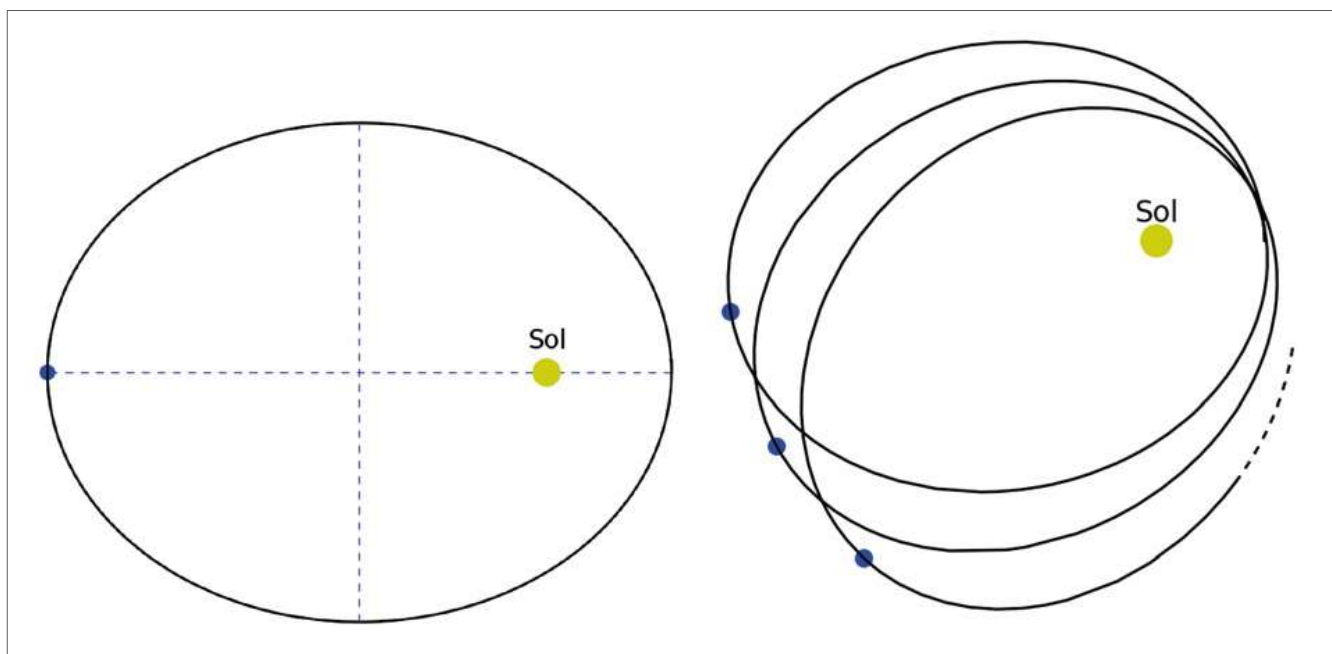
Desde que há registos históricos, são conhecidos cinco planetas: Mercúrio, Vénus, Marte, Júpiter e Saturno (a Terra só foi percebida como tal muito posteriormente; e, para ser justo, muitas culturas consideravam o Sol e a Lua planetas). A sua denominação veio do grego para *viajante*, pois eram vistos como pontos luminosos que se moviam rapidamente sobre um fundo de estrelas fixas (sem movimento relativo). Durante milénios foram construídos modelos que ao prever a posição dos planetas, tentavam explicar a nossa posição no Universo. Com o tempo, estes ficaram mais e mais intrincados, até que, no início do século XVII, o alemão Johannes Kepler mostrou, entre outras

coisas, que as órbitas dos planetas eram elipses com o Sol num dos seus focos, e a seguir Newton mostrou que as observações de Kepler poderiam ser obtidas da hipótese de que a atração gravítica é proporcional ao produto das massas e decai com o quadrado da distância.

No entanto, a órbita elíptica só pode ser obtida exatamente num universo que consista apenas do Sol e de um planeta. Num sistema complexo como aquele em que vivemos, a elipse planetária é apenas uma aproximação, e este será o facto central da nossa história, que segue em muito a referência [2]. Veja a figura 1.

Precisamos de cinco parâmetros para identificar uma elipse. Os primeiros dois parâmetros identificam o plano em que está, outros dois definem os semieixos maiores e menores e o quinto dá-nos a orientação da elipse no referido plano. Quando resolvemos as equações de Newton para a gravidade num universo com apenas dois corpos, estes cinco parâmetros são constantes, e tudo o que resta é saber a posição do planeta nesta órbita em função do tempo.

Quando incluímos um terceiro corpo de massa muito menor do que a soma dos anteriores, todos estes parâmetros deixam de ser constantes. No entanto, alteram-se de forma lenta, naquilo a que se chama de "variação secular". A medição detalhada desta variação é o que nos permite inferir características como a massa dos outros planetas do sistema solar. Pouco a pouco, ao explicar em grande detalhe cada uma destas variações seculares, a teoria de



Newton foi-se impondo. Frequentemente, os triunfos da teoria foram acompanhados pelo desenvolvimento de novas técnicas matemáticas, sobretudo o que se chama atualmente *teoria de perturbações*.

Em 1781, no entanto, algo de novo ocorreu: o alemão radicado na Grã-Bretanha William Herschel descobriu um novo planeta. Úrano foi visto quando o músico e astrónomo vasculhava o céu e viu uma *estrela* não catalogada. Movia-se ano após ano e não tinha as características de um cometa. Foi a primeira vez que isto ocorreu nos registos históricos humanos. Tão relevante que o Rei George III comentou que a vastidão recém-descoberta dos territórios no espaço compensava largamente a perda das colónias norte-americanas!

Úrano seria um excelente teste para o sistema Newtoniano (que ainda tinha céticos). O astrónomo e matemático francês Urbain Le Verrier dedicou-se de corpo e alma ao tópico. Encontrou disparidades tão grandes entre a teoria e as observações que a explicação de tal divergência somente poderia vir de algo inesperado. Úrano não poderia ser explicado alterando a lei da gravidade sem destruir irrevogavelmente tudo o que já havia sido medido detalhadamente.

Desta forma, Le Verrier propôs a existência de um outro planeta, ainda mais distante, Neptuno. Indicou a sua posição, posteriormente confirmada por astrónomos alemães. A fama de Le Verrier foi às alturas, pois descobrira um planeta nas suas folhas de cálculo.

▲ Figura 1. À esquerda, vemos a órbita elíptica de um planeta, num universo onde existem apenas este e o Sol (suposto de massa muito maior do que o planeta, mas esta suposição não é essencial). As linhas tracejadas marcam os semieixos maior e menor e o ponto azul, o *afélio*, o ponto de maior distanciamento do Sol. À direita, vemos uma das consequências sobre a órbita de considerarmos os outros planetas: o *afélio* move-se.

A seguir, resolveu estudar um outro corpo celeste que parecia resistir à teoria. A órbita do planeta Mercúrio é dada por uma elipse que roda a uma velocidade de 575 arcos de segundo por século (ou seja, a sua órbita volta à posição original depois de cerca de 200 mil anos terrestres). No entanto, considerando os efeitos de todos os planetas do sistema solar, faltavam explicar 43 arcos de segundo por século do seu movimento. O que então imaginou Le Verrier: deveria haver mais um planeta, desconhecido, orbitando próximo ao Sol. Chamou-lhe Vulcano, calculou a sua órbita e concluiu que somente poderia ser visto num trânsito (quando passa entre a Terra e o Sol) ou durante um eclipse total.

E agora começa uma sucessão de erros.

No final de 1859, Le Verrier recebe uma carta de um médico provinciano e astrónomo amador, Edmond Modeste Lescarbault, anunciando a observação do trânsito de Vulcano. Le Verrier entra no primeiro comboio para a estação mais próxima da vila de Orgères e completa a

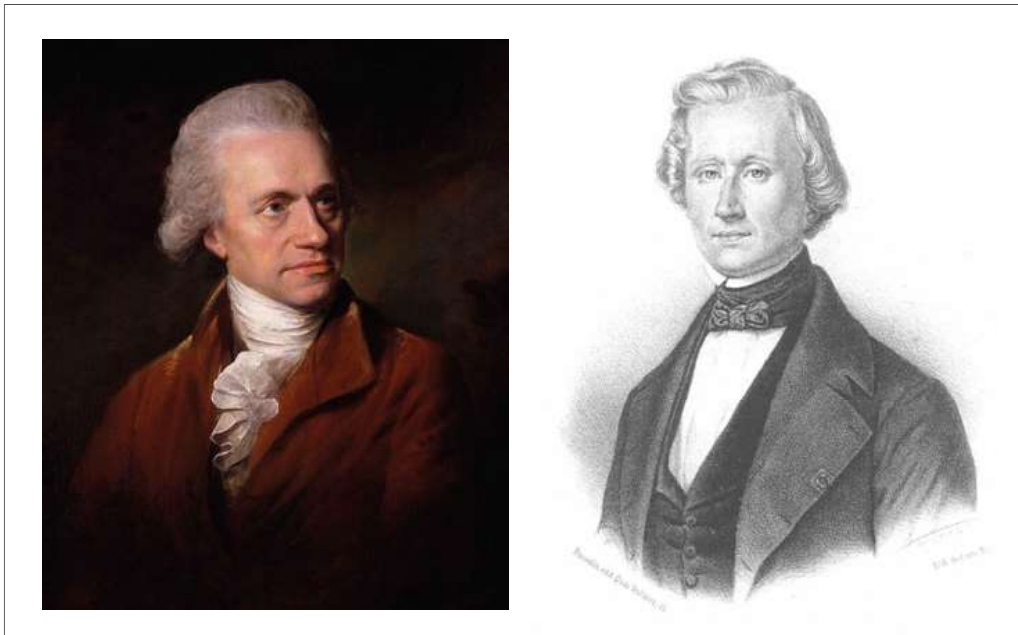


Figura 2. William Herschel (esquerda) e Urbain Le Verrier (direita), únicas pessoas a quem se atribui a descoberta de um planeta no sistema solar. (Por vezes, a descoberta de Neptuno é dividida com o alemão Le Galle, o primeiro a vê-lo, seguindo indicações de Le Verrier). Clyde Tombaugh foi removido desta lista, juntamente com o rebaixamento do planeta que descobriu, Plutão. Fonte: Wikimedia Commons.

viagem até a residência de Lescarbault (cerca de 20 km) a pé. Após um duro inquérito, chega à conclusão de que a observação fora realmente feita, apesar de algumas dúvidas sobre as medições realizadas – erros de boa fé de um amador, pensou Le Verrier.

Retorna a Paris e em 2 de janeiro de 1860 anuncia na Academia de Ciências que o *seu* planeta, que ninguém antes havia visto, fora descoberto. Orgulhoso de uma descoberta 100% francesa, o Imperador Napoleão III concedeu a Legião de Honra, a mais alta comenda francesa, no mesmo mês ao anteriormente obscuro médico do interior [3].

Dia 29 de julho de 1878, assim como em fins de agosto de 2017, um eclipse total varreu grande parte dos EUA. Pouco antes, em 1877, o *The New York Times* contou os detalhes da descoberta de Vulcano aos seus leitores [4], que já era conhecida pelos especialistas, como podia ser visto em [5]. Veja a figura 3.

No dia previsto, vários observatórios prepararam-se para vasculhar o céu; alguns iriam dedicar preciosos segundos à procura de Vulcano. Cavaleiros estavam a postos junto a telégrafos para que, se um astrónomo identificasse Vulcano, pudesse rapidamente comunicar as coordenadas para o próximo para fins de verificação.

As conclusões foram dúbias. Enquanto uns tinham a certeza de que lá estava, outros nada viram. A própria observação original foi posta em causa. Coincidente-

mente, um experiente astrónomo estava a observar, nas Caraíbas, as manchas solares ao mesmo tempo que Lescarbault olhava para o Sol. Este relatou que não houve trânsito algum nesse dia, apenas um maior número de manchas – que somente alguém sem experiência poderia confundir com um planeta.

Com a introdução do uso de chapas fotográficas acopladas a telescópios no final do século XIX, ficou cada vez mais óbvio que Vulcano não existia. A anomalia de Mercúrio só foi finalmente explicada alguns anos mais tarde. O alemão Albert Einstein, visto na sua época tanto como físico como como matemático (hoje em dia, é visto muito mais como físico), criou a chamada Teoria Geral da Relatividade, suplantando a lei da gravidade de Newton. A explicação para o avanço da órbita de Mercúrio pode ser obtida a partir de um efeito corretivo na lei da gravidade que depende da velocidade do planeta. Sendo Mercúrio o mais rápido dos planetas, é onde a diferença entre as duas teorias mais se nota.

Assim terminamos uma história da qual normalmente só se conta o grande triunfo: Neptuno, quando apenas com a matemática se descobriu um planeta. Vulcano foi, de certa maneira, varrido para o porão da história. Mas a sua remoção também tem um profundo carácter matemático. Einstein não estava a tentar explicar a anomalia de Mercúrio, nem a provar ou negar a existência de Vulcano. Estava muito mais preocupado em exigir das

Du 25 janvier 1860.

Rapport à l'Empereur et nomination du docteur Lescarbault dans la Légion d'honneur.

Sire ,

Un progrès important a été récemment accompli dans la connaissance du système planétaire. Au mois de septembre 1859, M. Le Verrier , l'éminent directeur de l'Observatoire de Paris, apportait devant l'Académie des sciences la preuve, fondée sur des calculs certains, de l'existence, dans le voisinage du soleil, d'astres qu'on n'avait point encore reconnus. Cette démonstration donnait la clef des anomalies apparentes relevées dans les mouvements de la terre et de Mercure. Il appartenait à l'observation de définir les faits :

NATURE

469

THURSDAY, SEPTEMBER 28, 1876

THE INTRA-MERCURIAL PLANET OR PLANETS

THE question of the existence of one or more planetary bodies revolving within the orbit of Mercury is again revived by Weber's observation of a round black spot

the transits so frequent that it is in a high degree improbable the planet could have so long escaped certain detection. Some few of the observations, as just remarked, we may perhaps refer to comets in transit; it remains to endeavour to ascertain from observations not thus explained what period or periods will best represent them, with the view to being warned of the probable times of future transits.

Figura 3. Em cima: decreto de nomeação de Lescarbault para a Legião de Honra. Em baixo: Anúncio na revista *Nature* da descoberta de Vulcano, em setembro de 1876. Apesar de colocar algumas dúvidas nas diversas observações até então feitas de Vulcano, chama a atenção para o facto de que um inglês, em 1847, já havia detetado um estranho trânsito solar de um possível planeta intramercúria. Fontes: referências no texto.

leis físicas uma elegância e uma simetria que somente a matemática pode proporcionar. A explicação de um dos grandes desafios intelectuais da segunda metade do século XIX veio de graça.

REFERÊNCIAS

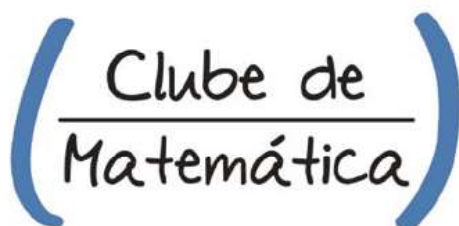
[1] NASA Telescope Reveals Largest Batch of Earth-Size, Habitable-Zone Planets Around Single Star. Nasa press release 17-015, 22/02/2017.

[2] Richard Baum e William Sheehan. *In Search of Planet Vulcan: The Ghost in Newton's Clockwork Universe*. Springer, 1997.

[3] *Rapport à l'Empereur et décret nommant le docteur Lescarbault chevalier de la Légion d'honneur*. http://www.persee.fr/doc/baip_1254-0714_1860_num_11_121_9290

[4] Richard Proctor. "Leverrier and the discovery of Neptune", *The New York Times*, 30 de setembro de 1877.

[5] J. R. Hind. "The intramercúria planet or planets". *Nature*, vol XIV, 469– 470, 28 de setembro de 1876.



SOCIEDADE PORTUGUESA DE MATEMÁTICA

VISITE O CLUBE DE MATEMÁTICA

DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE MATEMÁTICA

✓ ARTIGOS DE OPINIÃO

✓ ENTREVISTAS

✓ PROBLEMAS

✓ HISTÓRIAS

✓ PASSATEMPOS

✓ PRÊMIOS

TUDO ISTO E MUITO MAIS EM WWW.CLUBE.SPM.PT