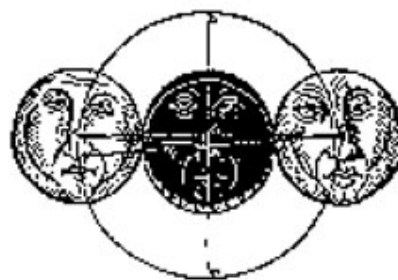
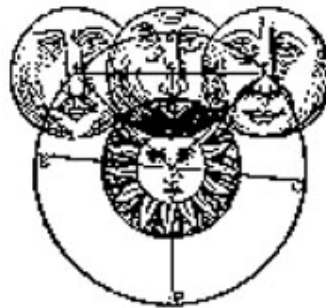


## Eclipses e Geometrias

**um Almanaque**

por **zeca bamboo**

[xilizap # 26](#) - junho 2006



#### observação:

quando o conheci, já Zeca Bamboo andava intrigado com um ancestral hiato na história da astronomia.

Segundo me contou, parecia-lhe incongruente que a África Austral - o indisputado berço da cultura humana - permanecesse misteriosamente desligada da história da astronomia universal.

Em particular porque foi na Suazilândia, e junto à fronteira com Moçambique, que há tempos se descobriu a mais antiga evidência de um registo numérico humano - uma fíbula óssea, datando de 35,000 anos antes de Cristo, com 29 marcas muito semelhantes às que ainda hoje se usam nos "paus-calendário" da Namíbia para registar a passagem dos tempos.

Uma descoberta que vinha adensar o intrigante mistério de um outro osso, este agora datado de 20,000 anos AC, descoberto junto ao Lago Edwards (entre o Uganda e a República Democrática do Congo), e cuja análise microscópica revelou marcas sugerindo o registo das fases da Lua.

Inconformado com hiatos civilizacionais, Zeca Bamboo, o editor de **Astro Stuff** em xitizap, revisitou uns velhos escritos seus e enviou-me esta versão revista do **Almanaque** na esperança de que alguém se interesse por pontes entre as várias astronomias.

josé lopes

pesquisando o tempo e os ossos nas caves da Namaacha

# Índice

calendário		local	observação / acontecimento / descoberta
aC	2608	China	evidência de observatório astronômico equinócios e solstícios determinados
aC	2500 - 2000	China	mais antigo registo de eclipse solar, gnômon inventado observação das Plêiades, de cometas e de eclipses
aC	2000 - 1501	Babilónia	geometria, medições astronômicas, grandeza de espírito ciclos saros e signos de Zodíaco
aC	1650	Egipto	mistérios de Ahmes
aC	900-300	Maia	no outro lado do mundo
aC	século VI	Grécia e os Ptolomeus	Pitágoras e os feijões
aC	450-265		Euclides publica Elementos Hiparcus cataloga 1080 estrelas segundo magnitudes
aC	295		Biblioteca de Alexandria Ptolomeu publica Syntaxis (Almagest) ... e os epiciclos geocêntricos complicam o mundo
dC	85-165		
dC	476-670	Índia	Aryabhata e Brahmagupta
dC	800- 1000	Arábia	al-Khwarizmi, al-Batani e ibn Yunus
dC	1473 - 1543	Europa	Copérnico sugere uma teoria heliocêntrica ... e Kepler dizima os anjos aristotélicos
	1571 - 1630		Galileu, a Inquisição e os media
	1564 - 1642		Isaac Newton e nós
	1642 - 1727		Leibniz antecipa o Calculus
	1646 - 1716		Euler e outros workaholics
	1707 - 1783		Laplace matriza perturbações planetárias
	1749 - 1827		Herschel descobre o planeta Uranus
	1781		Neptuno é descoberto
	1846		Riemann curva espaços não-euclidianos
	1826 - 1866		Einstein conclui que $E = mc^2$
	1907		Teoria Geral da Relatividade
	1915/6		Einstein e o eclipse nos pântanos de Sofala
	1919		
			cosmologia contemporânea

Embora o **almanaque do Grande Mandarim de Maputo** admita ser difícil estabelecer fronteiras entre a religião, a astronomia e a astrologia chinesas, ele é taxativo quanto à existência de observatórios astronômicos na China em época tão remota como **2650 a.C.** (antes de Cristo), o que já então permitia ao filósofo **Li Shu** escrever sobre os movimentos e significância dos astros.



À época, e tal como no caso dos pensadores da Mesopotâmia com quem teriam aprendido alguns princípios de adivinhação astral, o interesse dos filósofos chineses pela cosmologia estava essencialmente centrado na gestão dos calendários agrícolas embora, *noblesse oblige*, a observação dos astros, e em particular dos eclipses, fosse igualmente um recurso para prever a saúde e desígnios militares dos imperadores.

Não por coincidência, é chinês o mais antigo registo histórico de um eclipse solar - o **Shu Ching** - e nele se refere que, em certa ocasião, "*o Sol e a Lua não se encontraram de forma harmoniosa*".

Apesar de incerta, a data deste eclipse solar é usualmente referida como sendo 22 de Outubro de **2134 a.C.** e a história conta que o imperador de então ordenou que Ho e Hsi, dois afamados astrónomos da corte, fossem sumariamente decapitados pelo facto de não terem previsto o eclipse.

Naquele oriente de então, acreditava-se que os eclipses solares seriam causados por um invisível dragão que devorava o Sol, pelo que era necessário tudo tentar para que o monstro se afastasse; o povo batia em panelas e rufava tambores, e os arqueiros lançavam setas para os céus, todos tentando assustar o dragão para que a luz do dia pudesse ser restaurada.

Esta antiga civilização chinesa começou a sedimentar-se ao longo das margens dos rios Changijang (Yangtze) e Huang He (Amarelo) durante o lendário reino de Xia no segundo milénio antes de Cristo, ao que se seguiu a dinastia Shang (entre 1520 e 1030 a.C.), época em que os chineses já haviam dividido os céus em 28 mansões lunares correspondentes às secções do equador onde a Lua se situaria em épocas de interesse.

Curiosamente, um osso descoberto num oráculo anterior a 1281 a.C. tem algumas estrelas inscritas pelo seu nome e, num outro registo dessa mesma época, constata-se referências a um eclipse solar.

Séculos mais tarde, por volta do século VII a.C., não é nos astros que este oriental império encontra protecção face aos invasores Zhou, e o seu desmembramento numa série de estados feudais (400-200 a.C.) tornou-se inevitável.





Apesar destas convulsões, é desta época o primeiro texto chinês puramente matemático – **Zhoubi suanjing**; e esse é também o tempo do grande pensador **Confúcio** (circa 551-479 a.C.), um dos muitos estudiosos obrigados a vivências precárias como conselheiros dos regimes locais.

Nesse entretanto, o interesse dos antigos chineses pelas questões cosmológicas não se mostrava marcadamente científico, no sentido do desenvolvimento de sistemas dedutivos e previsionais, e tudo indica que Confúcio pouco fez para alterar a situação. Na verdade, Confúcio parecia interessar-se mais com os problemas dos homens na Terra, e apenas escreveu um capítulo sobre o modo como a harmonia humana se relacionaria com a harmonia natural do mundo – a veneração do universo pela veneração da suas partes.



Note-se também que, praticamente desde sempre, raramente os chineses antigos se referem a um Deus para além do mundo, ou mesmo a um arquitecto do mundo. O Céu era o seu Deus superior, e os imperadores, como filhos do Céu, seriam os chefes religiosos.

Infelizmente, muito se terá perdido da milenar história da astronomia chinesa e poucos são os textos dedicados à astronomia que sobreviveram aos tempos porque, tal como muitas outras histórias anos depois, esta foi uma história que a catástrofe fundamentalista várias vezes visitou ao longo dos séculos.

Por exemplo, o despótico imperador Shih Huang-ti da dinastia Ch'in (227-207 a.C.) ordenou uma desenfreada queima de livros em 213 a.C., pelo que os estudiosos do período seguinte (Han, 206 a.C. – 220 d.C.) foram forçados a transcrevê-los de memória ou apenas com base nos escassos fragmentos que sobreviveram ao tirano.



FIGURE 4. 'The controversial "bent bamboo problem." From: Science and Civilisation in China, by Joseph Needham; volume III, courtesy of Cambridge University Press.

Apesar disso, alguma desta memória transcrita mostra que a sociedade chinesa terá sido das primeiras a utilizar conceitos e princípios que ainda hoje perduram, e disso são exemplo dois textos escritos durante o período Han: o **Chou Pei Suan Ching** (*A Aritmética do Gnômon e os Caminhos Circulares do Céu*) e o **Chiu Chang Suan Shu** (*Nove Capítulos sobre a Arte Matemática*).

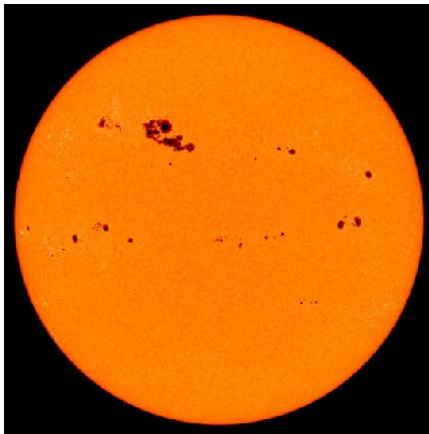
**Chou Pei Suan Ching** é datado como anterior ao terceiro século a.C. e contem vários princípios matemáticos modernos, tais como a redução de fracções ao mesmo denominador comum, e várias demonstrações geométricas; o texto explicita ainda um rigoroso processo de cálculo das raízes quadradas de números.

**Chou Pei** apresenta igualmente a mais antiga demonstração chinesa da teoria de ângulos rectos através do diagrama **hsuan-thu**, muitos séculos antes de a Pitágoras ter sido atribuído o famoso teorema. E, já agora, a figura refere-se ao famoso problema do bambu quebrado, cuja aplicação na associação geométrica de quadrados, popularizada como *chi-chu* (a montagem vertical de quadrados) viria a ser crucial na engenharia chinesa.

O **Chiu Chang Suan Shu** (*Nove Capítulos sobre a Arte Matemática*), o outro texto do mesmo período Han (século III a.C.), acabaria por ter enorme influência nas matemáticas da Ásia.

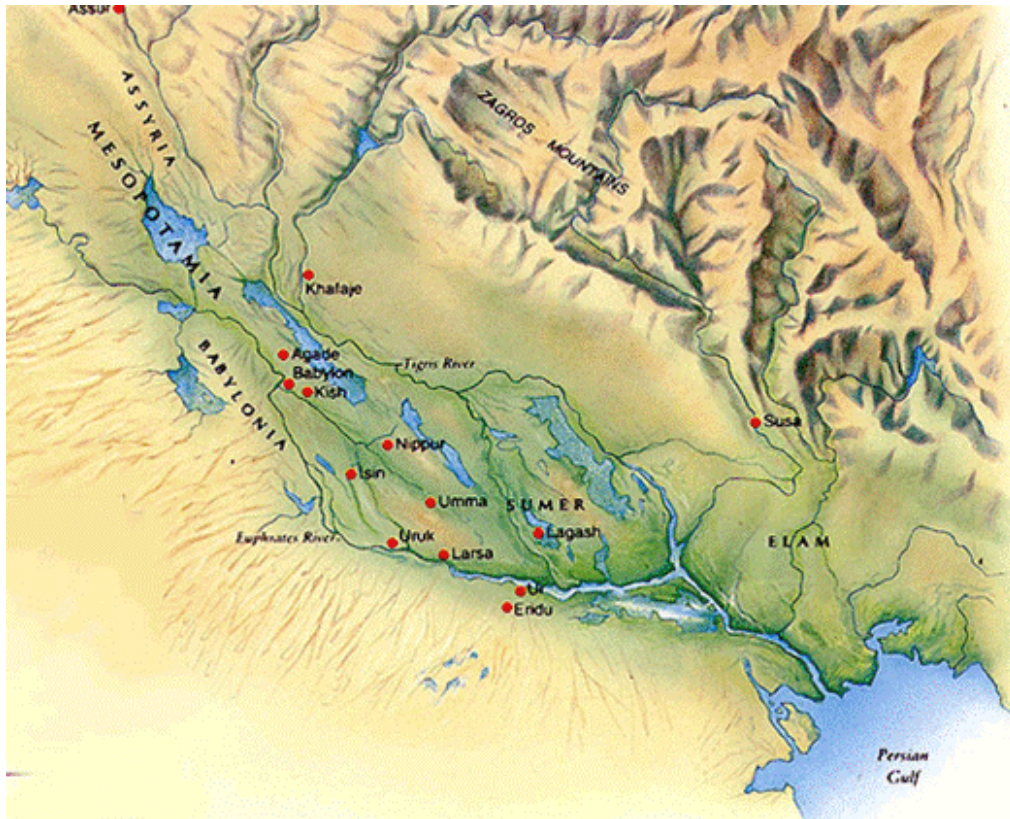
Provavelmente iniciado por *Chang Tshang* com base em outras obras existentes, este trabalho focava-se em matemáticas aplicadas à engenharia e administração e incluía nove distintos capítulos sobre impostos (*chun shu*), trabalhos de engenharia (*shang kung*), medição de terras (*fang thien*), entre outras matérias, num total de 246 problemas-tipo envolvendo o pagamento de gado, pesos e medidas, moeda e taxas, construção de canais e sistemas de equações lineares (*fang chheng*).

Mais tarde, em meados do ano 90 a.C., **Ssuma Chhien** – um astrónomo da mais alta hierarquia do Estado – escreveu em **Shih Chi** (*Registo Histórico*) um capítulo dedicado à revisão das doutrinas astronómicas contemporâneas, incluindo tópicos sobre meteorologia e, desde então, as histórias oficiais das dinastias passaram a incluir capítulos dedicados à astronomia contendo instruções de cálculo de posições planetárias e de eclipses lunares usando períodos sinódicos.



Incidentalmente, convém lembrar que os pontos negros do Sol (sunspots), que os europeus só 1600 anos depois descobririam telescopicamente, seriam já referidos na China no tempo de Liu Hsiang, no ano 28 a.C. ... ou talvez mesmo antes disso.

Da **Mesopotâmia**, a terra entre os rios Tigre e Eufrates, chegam-nos registos históricos datando de **3500 a.C.** (antes de Cristo).



Palco de uma profícua babel de culturas, na Mesopotâmia o centro de poder ia alternando entre as cidades de Ur, Nineveh, e **Babilônia**, o que não impedia que os astrónomos, e em particular os babilônios, fossem mantendo cuidadosos registos dos acontecimentos celestiais - incluindo os movimentos de Mercúrio, Vénus, Sol, Lua, como o comprovam algumas tábuas de argila datadas de 1700 a 1681 a.C. que foram sobrevivendo aos tempos.

As principais fontes da matemática astronómica surgem de facto no Velho Império da Babilônia (1900-1600 a.C.), onde eram fortes as influências dos Sumérios e Acádios, e, naturalmente, muito do seu desenvolvimento ficou a dever-se às necessidades de rigor nos calendários sociais e agrícolas e, de alguma forma, nas artes militares.

O calendário babilónio era lunar e, por essa razão, os astrónomos estavam particularmente interessados em prever o aparecimento da Lua em quarto crescente, e se o mês teria 29 ou 30 dias. E porque sabiam que tudo isso dependia da posição relativa entre o Sol e a Lua, os astrónomos babilônios foram impelidos a abordar o movimento aparente dos astros – uma nova e gigantesca aventura na mecânica celeste.

O mais antigo registo de um eclipse total do Sol na região da Mesopotâmia reporta-se a um eclipse observado em Ugarit, 1375 a.C. que documentos posteriores identificam como tendo na verdade ocorrido em 1063 a.C.

E em termos de detalhe crónico é interessante notar o modo como, muito mais tarde, um escriba do rei, Rasil o *Mais Velho*, se referiu a um outro eclipse solar, agora o de 27 Maio 669 a.C.:

*Se ao nascer, o Sol parecer um crescente e vestir uma coroa como a Lua, o Rei capturará a terra do seu inimigo: o mal deixará a terra, e a terra experimentará o bem.*

Entretanto, é geralmente aceite entre os historiadores que uma famosa tábua de argila, conhecida como *Plimpton 322* e hoje mantida na Universidade de Columbia (New York), demonstra o facto de os matemáticos babilônios terem prescientemente apreendido o teorema dito de Pitágoras em época tão remota como 1800-1650 a.C. ou seja, muito antes dos chineses, para não falar do próprio Pitágoras.



Segundo alguns historiadores da matemática, este avançado domínio da geometria e de equações algébricas poderá ter dado início a uma certa formulação trigonométrica que, eventualmente, terá permitido a elaboração do ciclo de repetição dos eclipses lunares, **o ciclo Saros**. Uma invenção que poderá ser atestada, por exemplo, num fragmento de tábua de argila que sobreviveu aos tempos e onde é registada uma lista de eclipses entre 373 e 227 a.C. abarcando 223 meses sinódicos.

Ainda hoje, 2006, e muitas civilizações depois, **o ciclo Saros** - uma ferramenta que permitia

aos babilônios prever eclipses a longo prazo - permanece uma referência incontornável na previsão de eclipses.



## o antigo Egito,

como civilização que permeou 4000 anos de cultura, deixou pouca substância histórica como registo da sua matemática astronómica.

Quase tudo o que se sabe sobre o conhecimento astronómico do antigo Egito chega-nos através de pinturas tumulares, de várias inscrições em templos e de um punhado de papiros - como o *Rhind Papyrus* e o *Papiro de Moscovo* que são tidos como as melhores fontes conhecidas.



O **Rhind Papyrus** foi escrito por volta de 1650 a.C. por um escriba chamado **Ahmes**, que confirma estar copiando um original com mais de 200 anos. Escrito em comum hierático, ao invés dos hieróglifos que eram preferidos na escrita ornamental, o papiro contém 87 problemas e respectivas soluções, e nele também se descrevem alguns eclipses do Sol e da Lua, mas de um modo que os egiptólogos modernos consideram como babilônio.



Naturalmente, o conhecimento do estágio da matemática e astronomia do antigo Egito é necessariamente limitado por uma genuína escassez de evidências e, por isso mesmo, é por vezes tentador considerar essa matemática e essa astronomia como estádios de não-avanco relativamente ao nível atingido pelos Babilônios.

Mas, muito provavelmente, a questão não será assim tão simples.

Especialmente se se atender à rigorosa geometria utilizada na construção das pirâmides, aos rigorosos alinhamentos em templos e monumentos e, já agora, à eficiência com que os egípcios geriam o seu vasto império. E, por discretas que sejam, há outras evidências que são igualmente importantes em termos astronómicos: é egípcio o **relógio solar** mais antigo (1500 a.C.) e, nos tectos de Senmut, pintados circa 1460 a.C., identificam-se objectos celestiais como Orion, Sirius e os planetas Mercúrio, Vénus, Júpiter e Saturno.

Porém, o facto é que, para além de magníficas representações, são historicamente incipientes os materiais documentando a genuína astronomia egípcia.

Não existe documentação acerca de observações astronómicas indígenas, ou sobre a produção de tabelas astrais, e no *Rhind Papyrus* o escriba **Ahmes** admite estar a copiar registos babilônios.



Egiptólogos há até sustentando que, pelo menos à distância, nada evidencia que

o interesse dos antigos egípcios pela astronomia tivesse ido muito além da decoração tumular - e mesmo assim com algum descuido, como eles insinuam a propósito das últimas tumbas egípcias.

A	H	N	U
B	I	O	V
C	J	P	W
D	K	Q	X
E		R	Y
F	L	S	Z
G	M	T	SH

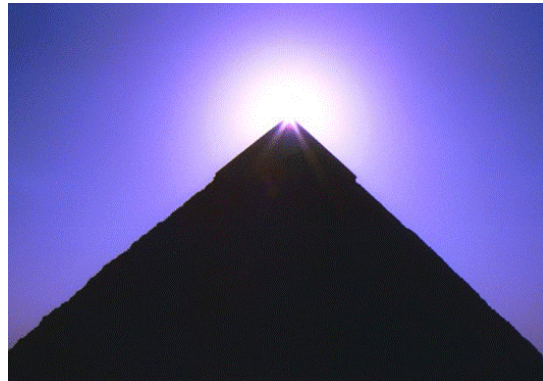
Numa delas, por exemplo, os egiptólogos apontam o caso de um sistema de estrelas em malha que é elaboradamente pintado com inscrições que o *papiro Demotic* ajudou a decifrar. Ao que parece, os artesãos que adicionaram tais inscrições ter-se-ão tomado de grandes liberdades artísticas ao interpretaram a informação astronómica já que os esquemas iniciais, posteriormente sobrepostos, seriam muito mais rigorosos que as representações finais.

Num outro intrigante caso, **Amenhope**, no seu *Catálogo do Universo* (1100 a.C.), regista os corpos celestiais por ele conhecidos e identifica as principais constelações; estranhamente, o catálogo não referencia a estrela Sirius nem nenhum dos planetas que era suposto serem já conhecidos pelos egípcios.

Mas, no meio de todos estes estranhos hiatos que permeiam o conhecimento astronómico egípcio, o que terá de facto acontecido a 4000 anos de astronomia faraônica?

E este parece ser um bizarro mistério, sobretudo porque as civilizações antigas da Mesopotâmia, Egipto, Síria, Ásia Menor e Grécia sabiam como instituir bibliotecas e arquivos como forma de preservar suas memórias culturais

**Seria em Alexandria que se escondia a chave destes mistérios?**





## Biblioteca de Alexandria

A ideia de uma biblioteca universal, como a de Alexandria, teve que esperar por mudanças históricas que permitissem maturar uma visão mais abrangentemente cosmopolita do saber; e foi essencialmente devido à inquiridora mente dos antigos gregos que o conceito de biblioteca universal finalmente se materializou.

Os antigos gregos eram povos que sempre souberam impressionar-se com os desenvolvimentos dos seus vizinhos e, já no século anterior à campanha de Alexandre, o Grande, são múltiplas as evidências das viagens de estudiosos gregos ao Egito.

Por exemplo, conta-se que, cerca 350 a.C., Eudoxus partiu para o Egito com cartas de apresentação de Agesilaus para Nectanebo II solicitando a sua introdução aos padres egípcios com quem pretendia aprender astronomia.

Eudoxus foi então entregue ao especial cuidado de Chonouphis, um padre de Heliopolis, um reputado centro de ensino no Egito da época, onde escreveu um livro de astronomia intitulado *O Ciclo de Oito Anos*, **Oktaeteris**, enquanto aí estudou durante 16 meses.

É neste quadro de ávida sede de saber que **Alexandre, o Grande**, lança as suas campanhas militares expansionistas. Essas eram campanhas que não se destinavam apenas à conquista de territórios e riquezas mas também à reunião do saber que os outros povos conheciam.

Alguns dos relatórios que Alexandre encomendou aos seus generais e estudiosos foram sobrevivendo e, naturalmente, acabaram por motivar um movimento de pesquisa científica sem precedentes.

Nesta vibrante atmosfera intelectual, em meados de 295 a.C., Ptolomeu I, Soter, o novo senhor das terras egípcias, contrata Demetrius de Paleron para fundar uma Biblioteca e um Museu em Alexandria.

Para melhor conhecer e administrar o Egito, este fundador da dinastia ptolomaica encorajava os padres egípcios a acumularem os registos de suas tradições e heranças, se possível desde os primórdios dos longos 4000 anos de dinastias faraónicas. Ele encorajava-os também a tornar os registos disponíveis aos estudiosos gregos certamente, mas também aos sábios estrangeiros que eram convidados a visitar o país. E logo no início dessas pesquisas, **Maneton**, um padre egípcio de Heliopolis, chega mesmo a compilar, em grego, uma história completa das dinastias faraónicas, **Aegyptiaca**, que ele dedica a Ptolomeu I.





Sob a dinâmica direcção de Demetrius, a Biblioteca e o Museu de Alexandria foram concebidos como um projecto integrado, e o facto de a biblioteca ter sido originalmente vocacionada para eficazmente satisfazer as necessidades dos estudiosos que trabalhavam no Museu rapidamente catalisou a sua transformação em centro de pesquisa autónomo.



Por outro lado, pelo facto de estarem localizados no interior dos palácios reais, a Biblioteca e o Museu estavam sob a directa supervisão dos poderosos o que não só muito facilitava o financiamento do rápido crescimento da colecção de livros, mas também o recurso a métodos de aquisição frequentemente pouco ortodoxos.

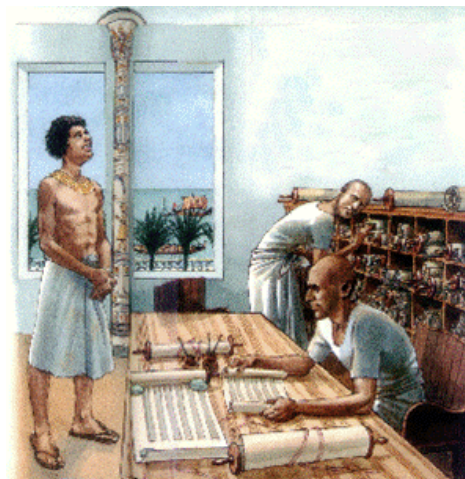
E de tal forma este acumular de livros foi intenso que, apenas 50 anos após a sua fundação, se tornou claro que a Biblioteca Real, localizada junto ao porto de Alexandria, já não seria suficiente para os acomodar a todos.

Tornava-se assim necessário estabelecer uma sucursal num outro local que acomodasse boa parte dos volumes, e uma nova secção da Biblioteca de Alexandria acaba então por ser incorporada num templo pagão mandado construir em Serapis, por Ptolomeu II, Philadelphus.

Terminada já durante a regência de seu filho Ptolomeu III, Euergetes (246-221 a.C.), esta biblioteca-sucursal em Serapis situava-se na zona egípcia da cidade.

Todavia, os livros adquiridos pela Biblioteca de Alexandria continuavam a crescer de tal modo que houve necessidade de se construir uma segunda sucursal da biblioteca, também nos subúrbios da cidade, o que, de certo modo, viria a constituir a primeira biblioteca em rede dotada de poderosos browsers humanos.

O verdadeiro número de livros da Biblioteca de Alexandria nunca pôde ser estabelecido com exactidão. Embora muito díspares, algumas ordens de grandeza são referidas, como por exemplo por Aristéas que numa sua famosa carta referindo-se aos dois primeiros períodos ptolomaicos mencionava existirem mais de 200,000 livros. Contudo, fontes dos séculos II e IV d.C. referem 700,000 livros como o espólio da Biblioteca, ao passo que um texto medieval de Tzetes, derivando de uma antiga fonte, menciona 42,000 livros na biblioteca exterior, 400,000 livros classificados na Biblioteca Real, e mais de 90,000 por inventariar.



Mas, por mais díspares que sejam as referências à magnitude do espólio da Biblioteca de Alexandria, o que é certo é que a Biblioteca foi concebida como acervo universal dos escritos das várias culturas e civilizações pelo que, inevitavelmente, a sua secção Egípcia deverá ter sido notória, e obviamente extensa.



Infelizmente, em 48 a.C., a Biblioteca Real de Alexandria foi vítima de um grande incêndio.



Para romper o cerco imposto pela frota inimiga, Júlio César (aliado de Cleópatra, então em guerra civil com seu irmão) ordena que se incendeie a armada de Ptolomeu XIII e, segundo Plutarco, o fogo ter-se-á espalhado a partir das docas devastando a Grande Biblioteca, **megalé bibliotheke**.

Entretanto, em Serapis, a primeira biblioteca-sucursal continuou a funcionar mesmo durante o período romano até

que, com o fim do paganismo e ascensão do Cristianismo no século IV, o templo perde a sua santidade e, em 391 d.C., o imperador Teodósio ordena a destruição de todos os templos pagãos, incluindo os seus conteúdos.

Testemunhas contemporâneas asseguram que o Serapeum e todo o seu espólio foram então completamente aniquilados e, com base nestas informações, muitos estudiosos modernos julgam poder assim estabelecer como não verdadeira, a referência a um outro incêndio por alturas da conquista do Egipto pelos árabes em 642 d.C.

Dado que nenhum historiador contemporâneo, bizantino ou outro, faz qualquer referência a esse incêndio, modernamente sustenta-se que tudo não terá passado de uma invenção dos cruzados no século XII, quiçá para desculpar Teodósio, um cristão.

Tendo estes factos em conta, os historiadores modernos argumentam que, por altura das conquistas árabes, quer a Biblioteca Real quer a biblioteca exterior em Serapis já não existiam, pelo que nunca poderiam ter sido objecto de mais vandalismos.

Face a tamanhas catástrofes intelectuais, apenas se pode adivinhar o que se terá perdido do conhecimento astronómico dos egípcios.

Infelizmente, tudo o que sobreviveu dos registos e arquivos são fragmentos que os historiadores consideram como meros fantasmas do real legado intelectual faraónico - um legado incompleto e misterioso que, no entanto, os antigos gregos sempre reconheceram como uma importante fonte para as suas matemáticas (especialmente a geometria).

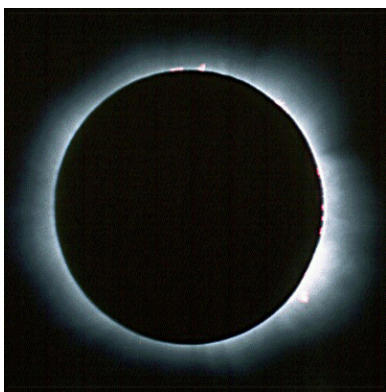


Todavia, não deixa de ser intrigante constatar que esse é um legado astronómico que também não é citado por **Claudius Ptolomeu** quando, poucos anos após o incêndio, ele elabora os seus trabalhos de astronomia e revê as fontes do conhecimento antigo.



E, de forma incisiva, alguns estudiosos modernos, como Richard Mankiewicz sugerem que *o que parece merecedor de realce, não será a similitude entre as matemáticas gregas e egípcias, mas antes a sua enorme diferença em estilo e profundidade – ou talvez mesmo em compreensão.*

**No limite, tudo parece sugerir que permanecem inescrutáveis os segredos de Ahmes, o escriba do *Rhind Papyrus*.**



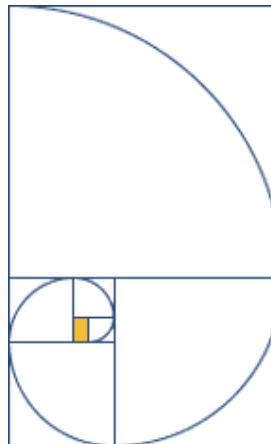
## os Gregos

surgem na História como povos invasores que, vindos do Norte da Europa, se estabeleceram nas terras entre os mares Jónico e Egeu por volta do século XI a.C.. Conta-se que mostravam um insaciável desejo de aprender com os outros povos, em particular os egípcios e babilônios, numa permanente procura de superação intelectual.

Pouco se sabe das matemáticas gregas anteriores ao século VI a.C. e não é pequeno o ruído histórico que afecta a apreensão desse período. Sabe-se no entanto que os gregos se foram movendo de uma visão em que deuses e divinos poderes ordenariam o Universo, em direcção a uma concepção bastante menos sobrenatural, e progressivamente regida por hiper-racionalismos, tomando o mundo como um sistema de elementos, de matemáticas e de ciências naturais.

Várias são as fontes sugerindo que **Pitágoras** terá nascido no século VI a.C. na ilha Samos junto a Mileto – uma ilha do Mar Egeu afamada pelo templo de Hera e excelentes vinhos. Conta-se que Pitágoras era homem de excêntricas crenças e que acreditava ter reencarnado a alma de Euphorbus, um herói troiano. Conta-se também que, como líder de uma seita de putativos sábios, Pitágoras impunha estritas regras aos seus seguidores – por exemplo, só a comida vegetariana lhes era permitida, à excepção do feijão que causava flatulência e se parecia com genitália, e, quanto a sexo, a actividade só poderia ser praticada durante o Inverno; se assim não fosse, a higiene das almas correria perigos indizíveis.

Os Gregos, que haviam herdado o seu sistema numérico dos géometras egípcios, recorriam a elegantes explanações geométricas na demonstração dos teoremas matemáticos e privilegiavam a relação entre os números e as formas (os números ao quadrado, os números triplos, etc.) numa incessante busca da suprema relação matemática que explicaria a construção do Universo: o **ratio de ouro**.

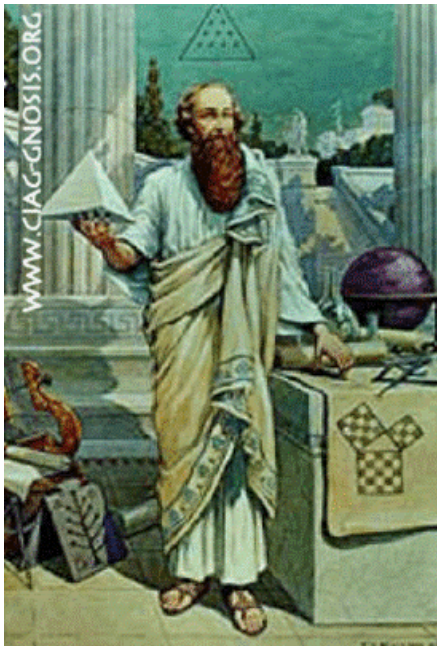


Naturalmente, o símbolo místico do culto pitagórico era um *número-forma*, o **pentagrama**, uma estrela de cinco pontas susceptível de auto-reprodução, mas que encerrava também muitas outras riquezas já que a figura parecia ser regulada por uma convergência em torno de  $\phi = 1,618$  - um *ratio* que era igualmente evidenciado nas arquitecturas naturais mais sofisticadas como a concha *nautilus*, a casca do ananás e as pétalas das mais sublimes flores.

**Pitágoras**, que nas escolas modernas ficou famoso através de um teorema que ele não foi o primeiro a descobrir, entre muitos outros feitos deverá ser creditado como o génio que criou a **escala musical**, uma construção matemática a que ele chegou quando estudava o **comportamento das cordas** usando uma caixa com uma corda apensa como o seu instrumento. E desde então, para ele e para muitos, tocar música passaria a ser essencialmente um acto matemático, sendo que a harmonia que Pitágoras detectava ao segmentar cordas não podia senão

pressagiar a sinfonia de um universo embalado ao som de música celestial.

Para Pitágoras, a música, a física, e o universo ele próprio, não passavam de harmonias determinadas por uma divina administração das proporções. E foi por esta via que ele estabeleceu o seu **modelo planetário, de raiz geocêntrica**: a Terra estaria no centro do Universo, e o Sol a Lua e os planetas rodariam em torno da Terra ao longo de esferas cujas dimensões eram determinadas pela ordem e beleza divinas. As estrelas seriam pontos de luz colados à superfície da última esfera e, para além dessa esfera, nada mais existiria. Para Pitágoras, o Universo tinha um limite, e Deus não o havia criado a partir do nada pelo que o infinito e o vazio não tinham permissão filosófica. O zero e o infinito eram assim matematicamente proibidos, porque filosoficamente inexistentes.



À medida que tais esferas astrais se moviam empurradas por anjos divinos, Pitágoras ouvia uma música celestial – os planetas exteriores (Júpiter e Saturno), porque se moviam mais rapidamente, produziam notas mais altas enquanto que os planetas interiores, como a Lua, Mercúrio e Vénus, produziam notas musicais mais baixas num bailado harmónico regido por uma orquestra seguindo a matemática pauta do *ratio de ouro*.

Contudo, um simples cálculo pôs em perigo esta orquestra universal.

Na verdade, quando os pitagóricos pretenderam medir a diagonal de um quadrado cujos lados eram iguais a 1, constatarem uma presença diabólica – o *número irracional* (a raiz quadrada de 2). Mais ainda, os pitagóricos acabaram mesmo por concluir que o *ratio de ouro* era, ele

próprio, um número irracional.

A sua construção harmónica do universo era assim posta em causa por um diabo em forma de número irracional e a seita pitagórica foi então instruída a fazer disso um segredo. Quando *Hippasus de Metapontum*, amargurado em sua ética matemática, divulgou o segredo ao exterior, a seita baniu-o, e conta-se que afogado terá sido o seu fim.

O segredo que Hippasus revelou abalava profundamente o edifício conceptual pitagórico mas, ao invés de o admitirem, os Gregos decidiram tratar o número irracional como uma anomalia e, posteriormente, só com muita relutância aceitaram integrá-lo no universo dos seus números.

Embora Pitágoras tivesse resistido ao número irracional, conta-se que ele acabou por não resistir aos feijões.

Um dia, ao fugir dos seus inimigos que o consideravam um intolerável fundamentalista, Pitágoras recusou-se a atravessar um campo de feijões com receio de ser contaminado. Especado à entrada da plantação de feijões, Pitágoras foi então rapidamente dominado pelos seus perseguidores e ele, que em vida havia sido um notável orador, acabou por ser fatalmente golpeado na garganta.



Morto o líder, a seita pitagórica foi completamente dizimada mas os seus ensinamentos tornar-se-iam a base de uma das mais importantes filosofias da história: a **doutrina aristotélica** que regulou a filosofia ocidental durante mais de dois mil anos. Uma doutrina com a qual a matemática viria a ter insanáveis e cruéis querelas.

**Tales de Miletus** (c. 624-584 a.C.) é universalmente reverenciado como uma das mais eminentes personalidades pré-pitagóricas, e terá sido ele o primeiro matemático grego a demonstrar alguns teoremas geométricos pressagiando o sistema dedutivo euclidiano com 300 anos de antecedência.

E já nos *media* de 460 a.C., **Herodotus**, o grande historiador, menciona o facto de *Tales de Miletus* ter sido capaz de prever um eclipse do Sol na Ásia Menor.

Conta-se que, em certa época, Tales, de visita ao Egipto em missão de estudo das culturas estrangeiras, terá tido acesso a tabelas de observação de eclipses dos babilônios - tabelas com séries longas de pelo menos 150 anos e que já insinuavam o **ciclo Saros**. Conta-se ainda que, muito provavelmente, terá sido em resultado destas consultas que Tales foi capaz de prever o mais famoso eclipse dos tempos antigos.

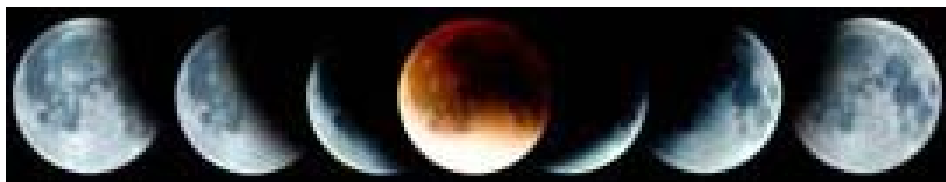


Mas essa não foi certamente uma previsão conhecida por Lídios ou Medos porque, caso contrário, os dois exércitos da Ásia Menor não se teriam engajado em combate a 28 Maio 585 a.C., data em que ocorreu de facto um **eclipse total do Sol**, quando “o dia se tornou noite”.

A visão desse eclipse terá sido de tal modo impressionante que os chefes militares ordenaram a imediata cessação da batalha, assinando um tratado de paz selado com um duplo casamento entre famílias. E assim, por causa de um eclipse, terminava uma guerra de cinco anos entre Lídios e Medos.

Lamentavelmente, os detalhes quanto ao modo como Tales previu o famoso eclipse do Sol não sobreviveram. E tudo indica que o método de previsão só funcionou uma vez porque, daquilo que se conhece da história científica grega, não restaram posteriores registos comprovando a reutilização do método, com ou sem precisão.

Caso contrário, talvez os Atenienses pudessem ter sabido antecipar um outro dramático eclipse – no caso, um eclipse da Lua que para eles se provou trágico em 27 Agosto 413 a.C.



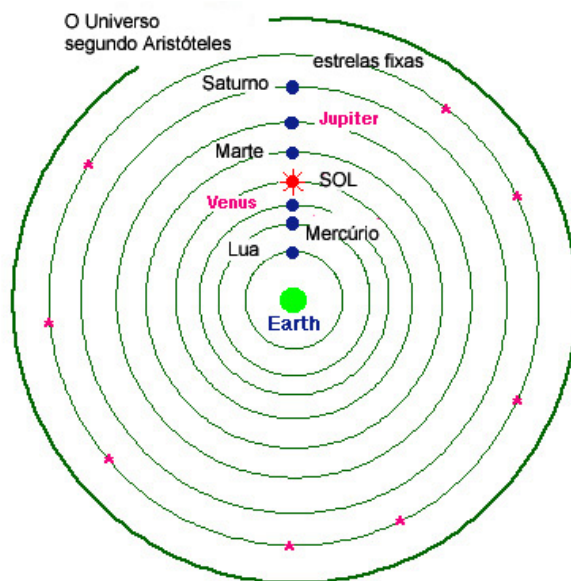
Isto porque, ao se prepararem para deslocar as suas forças militares, os soldados e marinheiros atenienses, estupefactos com um enigmático eclipse da Lua, foram acometidos de um presságio de tal forma mau que se recusaram a deixar a cidade.

Consultados os videntes, Nicias, o comandante das forças de Atenas, decidiu adiar a partida por um mês lunar – uma decisão que viria a dar enorme vantagem aos seus inimigos, os siracusanos. A frota e exército atenienses foram então completamente derrotados, e Nicias foi morto, num outro caso de erro na previsão de eclipses que, tal como anos antes na China, se revelou fatal para muitas cabeças.

Desta época se sabe também que, *circa* 450 a.C., **Meton** aperfeiçoou os calendários lunar, solar e o das estações, identificando um período de 235 meses lunares como ponto de hipotética sincronia calendar que serviria como um guia aproximado para a previsão de eclipses lunares numa mesma localidade geográfica.

No século IV a.C, **Atenas** era o incontornável centro do mundo intelectual mediterrânico de onde, a partir da *Academia* de Platão, e posteriormente do *Lyceum* de Aristóteles, irradiava o mais vibrante brilho dos centros de pesquisa e de ensino da matemática.

Recorde-se que, por esta altura, a teoria planetária grega era já dominada pela visão de **Aristóteles** (384-322 a.C.) com base numa teoria geocêntrica essencialmente de raiz pitagórica.



No seu tempo, Aristóteles, que havia sido tutor de Alexandre, o Grande, estabelecia que os planetas teriam um *movimento perfeito de velocidade constante seguindo órbitas circulares* em volta da Terra. Estabelecia ele também que qualquer discrepância entre observações e teoria poderia ser explicada por recurso à introdução de *epiciclos* – uma abstracção geométrica sua. Nesta concepção, um planeta não orbitaria em volta da Terra, mas antes seguiria um *epiciclo*, ou seja, uma órbita cujo centro se deslocava, ele sim, em redor do centro da Terra.

Mas seria **Elementos**, por Euclides (c. 325-265 a.C.), que acabaria por se tornar o mais importante tratado das matemáticas gregas.

Apesar da sua perene fama, pouco se sabe da vida de **Euclides** e nem se sabe mesmo onde terá nascido.

Segundo alguns registos, Euclides terá ensinado em Alexandria durante as dinastias ptolomaicas, altura em que o imperador Ihe terá pedido que tentasse

encurtar o modo de aprendizagem da geometria - ao que Euclides respondeu: *mas, excelência, na geometria não há percursos só para imperadores.*

**Elementos** é um tratado que está dividido em 13 livros, cobrindo tópicos que vão da geometria plana, à teoria dos números, passando pela teoria dos incomensuráveis e pela geometria dos sólidos. O tratado começa abruptamente com 23 definições, a que se seguem 5 postulados e 5 notações comuns.

A fama de *Elementos* por vezes eclipsa o facto de Euclides ter escrito outras obras em *óptica*, *astronomia*, *mecânica* e *música* mas, indubitavelmente, *Elementos* foi o tratado que viria a tornar-se o texto de referência para a geometria dos séculos seguintes.

E o tratado foi de tal forma esmagador que quase todos os trabalhos gregos que haviam previamente tratado a geometria viriam a tornar-se redundantes e incompletos, a ponto de não terem sobrevivido mediaticamente.

Tal como em todos os livros de texto, a maior parte de *Elementos* não constitui trabalho original, mas é a Euclides que se deve, sem dúvida, a colecção de múltiplas fontes de sabedoria anciã e a arquitectura de um sistema de teoremas e demonstrações postulando *um modelo lógico e dedutivo*.



Mas aqui também importa lembrar **Hiparcus**, o mais famoso dos astrónomos do período 190-120 a.C. - um matemático de Nicea (actual Turquia) que é considerado como o fundador da astronomia baseada em princípios trigonométricos.

*Hiparcus* utilizou a divisão do círculo em 360° como base da trigonometria e estabeleceu *tabelas de cordas* muito similares às utilizadas pelas **matemáticas védicas** da Índia - umas tabelas que lhe permitiam descrever a posição dos corpos celestes de forma muito precisa.

Lamentavelmente, apenas um seu trabalho menor sobreviveu e, tal como acabou por acontecer a muitos outros astrónomos da Grécia antiga, muita da sua obra viria a ser eclipsada pela de **Claudius Ptolomeu**. Infelizmente, não restam evidências quanto ao modo como Hipparchus terá chegado a visões heliocêntricas, mil e quinhentos anos de Copernicus.

**Claudius Ptolomeu** (c. 85-165 d.C.), que epitoma o conhecimento astronómico grego, viveu em Alexandria, cidade onde começou a fazer observações astronómicas em 26 Março 127 d.C., mais de 150 anos após o incêndio da Biblioteca de Alexandria.

Pouco se sabe da sua família e das exactas datas de seu nascimento e morte. Felizmente conhecem-se alguns dos seus escritos, dos quais o mais famoso é **Syntaxis** (*A Colecção Matemática*).

Nesta obra, Ptolomeu revela conhecer os detalhes da órbita da Lua, incluindo os seus *pontos nodais*, e mostra dispor de um sofisticado esquema de previsão de eclipses lunares e solares.

E de tal forma *Syntaxis* se tornou importante no mundo da sabedoria que, aquando da sua tradução para arábico, mais de sete séculos depois (c. 820 d.C.), à obra foi atribuído o nome **al-Majisti** (*o Maior*) - ou **Almagest** em tradução latina.

O *Almagest* começa com alguns preliminares de *trigonometria e cordas*, seguindo-se uma detalhada teoria do movimento do Sol.

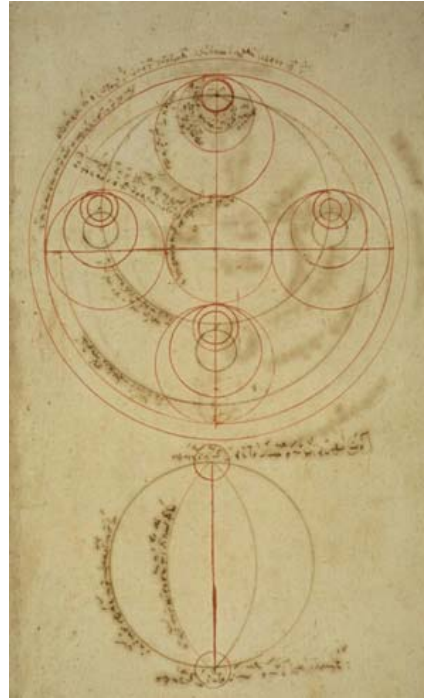
Para Ptolomeu, o Sol faria uma órbita circular em volta da Terra mas, esta, a Terra, estaria ligeiramente afastada do centro da órbita ocupando um ponto a que ele chamava *excêntrico*. Concomitantemente, a sua teoria sobre o movimento da Lua baseava-se extensivamente na concepção de Hiparcus, embora Ptolomeu houvesse melhorado o seu modelo de *epiciclo*.

Contudo, a combinação dinâmica dos movimentos do Sol e da Lua permitia a Ptolomeu abordar melhor a questão dos eclipses.

No *Almagest*, para além de um extenso catálogo de mais de mil estrelas, Ptolomeu ousa conceptualizar as órbitas dos cinco planetas então conhecidos numa época em que, uma *Terra orbitando o Sol*, não era um conceito muito compatível com a filosofia e cosmologia contemporâneas.

Mas, para Ptolomeu, as matemáticas existiam apenas para "*consagrar o fenómeno*", e não para o explicar. Daí que Ptolomeu considerasse tacticamente necessário combinar as poderosas exigências teológicas de Aristóteles com os factos realmente observáveis, mesmo que essas posições tivessem que ser confrontadas com claras evidências do contrário, tais como velocidades planetárias variáveis, retrogressões e variações no brilho aparente dos astros . Assim, para explicar tais discrepâncias Ptolomeu recorre a um engenhoso artifício através do *equante*, um ponto à mesma distância da Terra que o *excêntrico*, mas situado do lado oposto.

Seja como for, e complicados epiciclos à parte, retrospectivamente o que importa reter é que o **Almagest** foi, de longe, não só a mais bem sucedida tentativa de uma astronomia previsiva mas sobretudo o tratado que, durante os 1300 anos seguintes, assumiu o estatuto de indisputável *Verdade* astronómica.





**num outro lado da Terra,**

mas agora na América Central, há séculos que os astrónomos Maia procediam ao meticoloso registo das suas observações celestes com o intuito de aperfeiçoarem os seus calendários astrais.

**A civilização Maia**, com traços tão remotos como 1000 a.C., teve o seu período clássico entre os anos 300 e 900 d.C. mas, tal como no caso de outras distintas civilizações, são escassos os registos que dela sobreviveram.

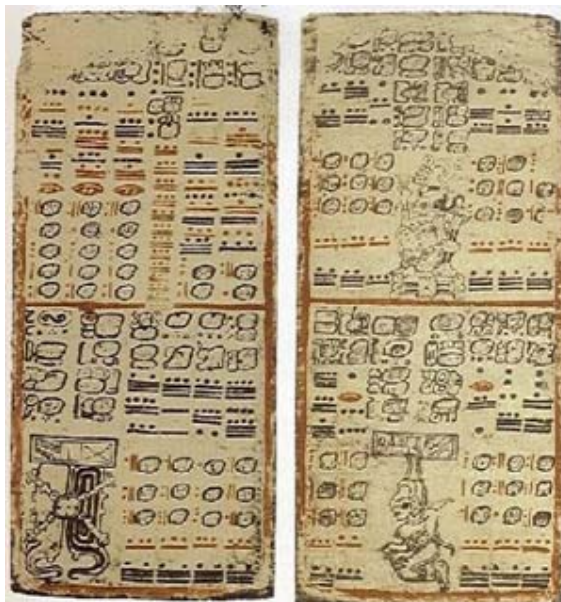


Na verdade, a partir de 1519 d.C., ocorre mais uma catástrofe intelectual na sequência da chegada dos invasores espanhóis que, sob a arrogante capa de uma fé fundamentalista dita cristã, deliberadamente destruíram quase todos os registos escritos dos Maias.

Entre os poucos documentos que sobreviveram a tal vandalismo fundamentalista o **Dresden Codex** revela-se como o mais importante, e nele são descritas tabelas astronómicas lidando com eclipses ao longo de ciclos cronológicos que se estendem por mais de 405 meses lunares.

Julga-se que os Maias, tal como outras civilizações do mundo, usavam os registos históricos de eclipses lunares para calcularem a sua frequência e localização, de forma a adivinhar suas sortes. Sortes que pareciam privilegiar Vénus, dado que as suas previsões sobre o planeta (estrela da manhã/estrela da tarde) são descritas com uma frequência tal que só pode implicar uma transcendente importância de Vénus para a civilização Maia.

Embora poucos documentos tenham sobrevivido às conquistas europeias,



felizmente os Maias esculpiam em materiais duradouros. Todos os vinte anos, eles erguiam pilares de pedra onde registavam a data de construção e os principais acontecimentos dos anteriores vinte anos, para além do nome dos nobres e religiosos.

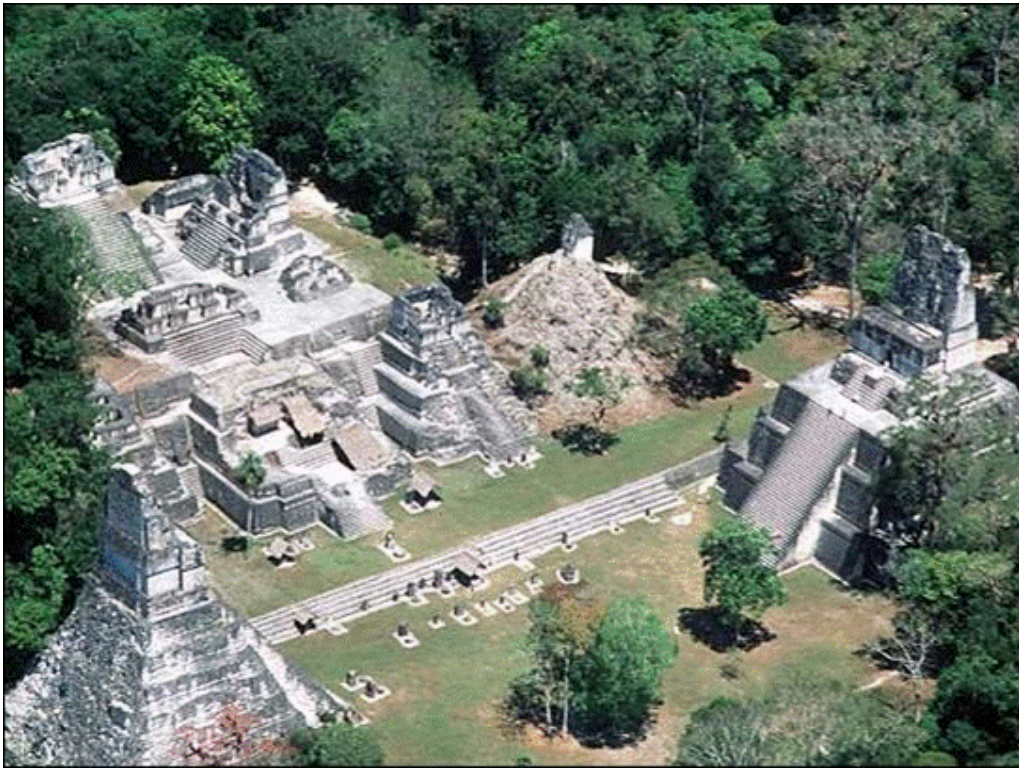
Nessas e noutras esculturas, os Maias usavam caracteres estilizando as suas divindades e, para o registo de números, pelo menos desde 400 a.C., os Maias usavam uma notação que é hoje conhecida como traço e ponto. Uma notação que se baseava num sistema posicional de base vinte, com uma aparente anomalia na terceira posição.

Os Maias, para quem os calendários tinham enorme importância, preparavam três calendários dos quais o terceiro, "a longa contagem", se baseava em cronologias datando de 3013 a.C.

Embora não existam evidências documentando o uso de frações ou de trigonometria por parte dos Maias, eles revelavam-se certamente capazes de estabelecer previsões rigorosas para os seus vários ciclos sagrados com base na enorme riqueza acumulada de observações astronômicas.

Pouco se sabe sobre a matemática astronômica Maia, e é muito difícil estabelecer se esta civilização chegou, ou não, a uma mais profunda compreensão dos eclipses solares.

Mas o que é facto também, é que os historiadores modernos prosseguem ainda a análise do *Dresden Codex*, e persiste o debate quanto ao modo de correlacionar a cronologia Maia com o sistema de datação moderno. Provavelmente, estas investigações permitirão melhorar a interpretação da estrutura dos nomes e dias Maia, e sobretudo relacioná-la com a Tabela de Eclipses inscritos no Dresden Codex.





## Na Índia,

a mais remota evidência das matemáticas remonta à civilização Harappan que, por volta de 3000 a.C., habitava o Vale do Indo, na parte norte da Índia.

Embora difíceis de decifrar, os textos mais antigos parecem centrar-se em contas comerciais, pesos e medidas, e uma especial referência é feita à técnica de construção de tijolos.

Em meados de 1500 a.C., a cultura harappan é praticamente aniquilada por invasores vindos do Norte, os chamados Arianos, que eram um povo pastorício expressando-se em linguagem indo-europeia – uma linguagem que viria a estar na origem do sânscrito, e de muitas das modernas línguas no mundo. No século IV a.C., Panini, um genial gramático, estuda e codifica o sânscrito, tornando-a numa língua robusta e subtil que permitiu codificar os pensamentos do sub-continente durante mais de dois mil anos.

Se se pode dizer que a matemática Grega cresceu a partir da filosofia, é razoavelmente legítimo sugerir que foi na linguística que as matemáticas indianas terão encontrado algumas das suas fundamentais raízes.



É geralmente reconhecido que o período védico da civilização indiana terá tido início por volta de 1000 a.C., e é durante este período que a cultura e religião hindus se vão estabelecendo através de escrituras como Vedas e Upanishads, e de regras de conduta social como o Código de Manu.

Na sua fase inicial, a literatura védica era essencialmente religiosa e cerimonial, e o conhecimento matemático deste período foi sendo registado em partes dos apêndices às Vedas – conhecidas como Vedantas, que por sua vez eram estruturadas em sutras, curtos aforismos poéticos característicos do sânscrito que visavam oferecer a essência de um argumento sob uma forma condensada e memorizável.



As Vedantas são classificadas em seis campos: fonética, gramática, etimologia, verso, astronomia e rituais, e são estes dois últimos temas que nos oferecem o conhecimento matemático desses tempos.

A Vedanta sobre astronomia é chamada Jyotissutra, enquanto que a que se debruça sobre os rituais é conhecida como Kalpasutras, cujas secções tratando da construção de altares

de sacrifício eram chamadas de Sulbasutras.

As primeiras Sulbasutras foram escritas entre 800-600 a.C. e, não surpreendentemente, uma grande parte delas é devotada à necessidade de se assegurar a conformidade dos rituais religiosos.

A geometria crescia assim a partir do rigoroso respeito pelas escrituras védicas quanto ao tamanho, forma e orientação dos altares. Absoluta precisão era requerida para a eficácia dos rituais tal como se pronunciavam os mantras e, nesse sentido, a geometria hindu viria a expressar-se sob três formas: teoremas geométricos explicitamente formulados, procedimentos para construção de altares de várias formas e algoritmos relacionando estas duas categorias anteriores.



Todavia, o período clássico da matemática indiana começa, de facto, sensivelmente a meio do primeiro milénio d.C.

Grande parte da Índia era então governada pelos Guptas Imperiais que encorajavam fortemente o estudo das artes e ciências. A actividade matemática concentrava-se em três centros: Kusum Pura, a capital imperial, Ujjain no norte, e Mysore no sul e, nesse período clássico, os dois matemáticos mais importantes foram **Aryabhata de Kusumapura** (476-550 d.C.), autor de Aryabhatiya, e **Brahmagupta** (598-670 d.C.) que escreveu Brahmasphutasiddhanta (O Desabrochar do Universo).



A **Aryabhatiya** é escrita em 33 versos, e começa com uma bênção. Prossegue com algoritmos para o cálculo de quadrados, cubos, raízes quadradas e cúbicas e expõe 17 versos tratando de geometria e 11 dedicados à aritmética e álgebra. O verso 10 dá um valor de  $\pi$  como sendo a relação 62,832:20,000 o que equivale a 3.1416, o mais rigoroso valor de Pi durante mais de mil anos.

Aryabhata de Kusumapura foi também o primeiro astrónomo do continente a usar um sistema contínuo de contagem dos dias solares, o que lhe permitia formular regras para a previsão de eclipses.

Na sua obra **Brahmasphutasiddhanta** (628 d.C.), Brahmagupta, que era um dos mais conhecidos astrónomos da escola de Ujjain, estabelece um tratado global do conhecimento astronómico desses tempos. O tratado foi escrito em 25 capítulos mas, segundo os historiadores, apenas os dez primeiros terão formado a sua versão original. E esses são dez capítulos estruturados em tópicos característicos da astronomia hindu do período: longitudes de planetas, os três problemas da rotação diurna, eclipses lunares e solares, o crescente da Lua, a sombra da Lua, e a conjunção de planetas entre si e as estrelas fixas.

Segundo os estudiosos do período, os restantes quinze capítulos parecem constituir um segundo trabalho formando uma adenda ao tratado original. Nestes 15 capítulos, supostamente apensados a Brahmasphutasiddhanta, o autor revê os anteriores tratados de astronomia e matemática, e adiciona algum material científico aos dez capítulos iniciais.



Com brilhantismo, o entendimento de Brahmagupta quanto a sistemas numéricos vai expondo-se ao longo do tratado, e ele define o zero como sendo o resultado da subtração de um número por si próprio. Ao contrário dos aristotélicos, os matemáticos hindus não temiam o zero, ou o infinito, e esta terá sido uma das razões para o notável desenvolvimento imprimido à sua matemática.

No seu tratado, Brahmagupta explicita também algumas prescrites regras matemáticas em termos de fortunas (números positivos) e dívidas (números negativos), tais como:

*uma dívida menos zero é uma dívida*

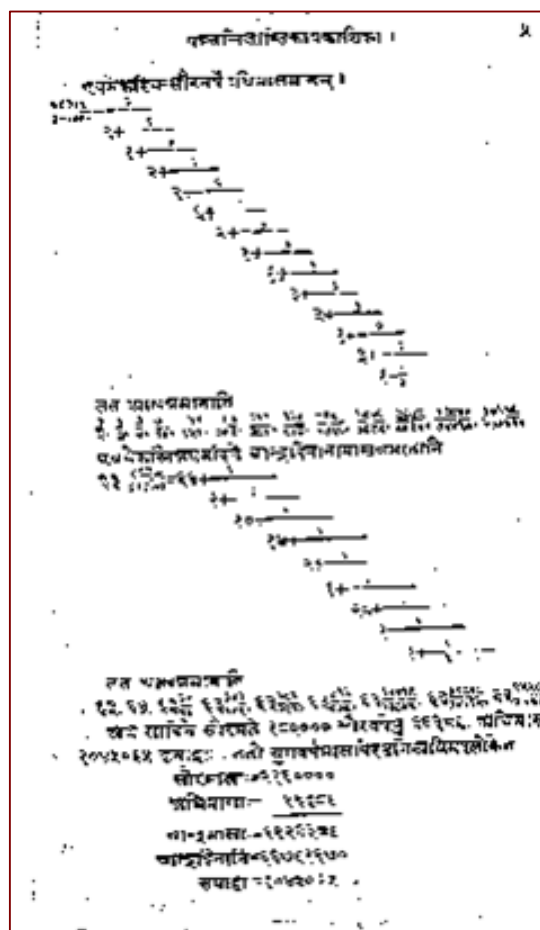
*uma fortuna menos zero é uma fortuna*

*uma dívida subtraída do zero é uma fortuna*

*uma fortuna subtraída do zero é uma dívida*

Em 665 d.C., numa altura em que Brahmagupta já encabeçava o observatório astronómico em Ujjain, na época o mais avançado centro matemático da Índia, ele escreve um segundo tratado sobre matemática e astronomia, Khandakhadyaka.

Neste trabalho, Brahmagupta descreve métodos de multiplicação por via do valor posicional do número muito similares aos que correntemente se utilizam, e apresenta um algoritmo para o cálculo de raízes quadradas.



Brahmagupta desenvolve inclusivamente alguma notação algébrica, e explicita métodos para resolução de equações quadráticas indeterminadas do tipo  $ax^2 + c = y^2$ .

E foi através dos trabalhos de Aryabhata e Brahmagupta que os árabes, e posteriormente a Europa, puderam conhecer a sublime riqueza da matemática e astronomia indianas.

## O Islam e a matemática astronómica



No século VII, depois de Cristo, a península arábica dava berço a uma nova religião monoteísta.

Aos 40 anos, numa caverna no Monte Hira, norte de Makka, Mohammad teve uma visão a partir da qual começa a receber revelações; parte delas em Makka, antes da Hégira, outras mais tarde em Madina. Revelações que Mohammad vai interpretando no Alcorão (do arábico *qur'am*, que significa leitura) – um Livro Sagrado cujas suratas e versículos abrangem normas da crença em Deus, em Seus Anjos, em Seus Livros, em Seus Mensageiros e no Dia do Juízo Final.

Os versículos e suratas do Alcorão abordam rituais e jurisprudência vária, e contêm narrativas sobre antecessores e sucessores, e de outros povos mais antigos. Para além de explicações sobre normas sociais, o Livro Sagrado do Islam doutrina quanto ao julgamento de diversas questões práticas para as quais era premente encontrar uma solução.

Ao iniciar a pregação desta nova doutrina, Mohammad passa a ser perseguido pelos poderes então estabelecidos em Makka, cidade onde avultavam interesses coraíxitas pagãos.

A repressão sobre o novo Islam agrava-se a tal ponto que, em 622 d.C., o Profeta Mohammad é forçado a procurar um santuário em Madina.

Oito anos depois, o Profeta regressa triunfalmente a Makka.

Inspirados pelas revelações do Profeta Mohammad, os seus seguidores espalham a mensagem do Alcorão conseguindo estabelecer um império islâmico que, no seu auge, se estendia de Córdoba a Samarkand.

Inicialmente governado pela dinastia Umayyad, com capital em Damasco, em 750 d.C. o império islâmico passa a ser controlado pelos abássidas que transferem a capital para Bagdad.

O Islão desenvolve-se então como uma religião baseada no conhecimento. Tal como o propugna o Alcorão que está repleto de versos convidando os homens a usarem o seu

intelecto no sentido de ponderarem, pensarem e adquirirem conhecimento. A própria literatura hadith, ela própria preñe de referências quanto à importância do conhecimento, cita dizeres do Profeta:

*Do berço ao túmulo, procurem o conhecimento e, verdadeiramente, os homens de conhecimento são os herdeiros dos profetas.*

Esses eram dizeres que foram ecoando através da propagação do Islam, e que incitavam os islâmicos a pesquisarem o conhecimento onde quer que fosse possível encontrá-lo. E, de facto, durante grande parte da sua história, a civilização islâmica testemunhou notáveis celebrações do conhecimento – mais a mais, qualquer tradicional cidade islâmica de então possuía bibliotecas privadas e públicas de enorme qualidade. Não é portanto de admirar que, sábios de história, os califas abássidas cedo hajam começado a patrocinar o contacto cultural com outros mundos do conhecimento, em particular no campo de disciplinas intelectuais que por ali ainda não floresciam.



Quando o califa Harun al-Rashid morre em 809, os seus dois filhos disputam em armas um conflito que veio a ser ganho pelo mais novo, Al-Mamum.

O novo califa prossegue a atitude do pai quanto ao mecenato do conhecimento, e procura recriar uma nova Alexandria em Bagdad. E, para além de um observatório astronómico e uma biblioteca de manuscritos e traduções, o novo califa funda a **academia Bait al-Hikma**, a *Casa da Sabedoria*, que será talvez a sua obra maior.

Entre outros aspectos, os termos de referência deste massivo projecto incluíam a tradução para arábico de todo o precioso conhecimento disponível. Os trabalhos de Ptolomeu, Platão, Aristóteles, bem como as mais importantes partes dos tratados científicos clássicos, são então traduzidos, melhorados e profusamente divulgados pelo mundo islâmico.

E, por essa via, as matemáticas e a astronomia recebem então um decisivo impulso.

Abu Jafar Muhammad ibn Musa **al-Khwarizmi** (c. 780-850 d.C.) era um dos professores na Casa da Sabedoria, e o seu nome sugere que ele terá vindo de Khwarizmi na Ásia Central, embora se pense que ele tenha vivido a maior parte da sua vida em Bagdad. Com os seus colegas Banu Musa, al-Khwarizmi traduz manuscritos científicos e estuda e escreve sobre álgebra, geometria e astronomia; al-Khwarizmi dedica a Al-Mamum, seu patrocinador, dois dos seus tratados – um sobre astronomia, e outro sobre álgebra, *Hisab al-jabr wál-muqabala*, que viria a ser o mais famoso dos seus trabalhos. Incidentalmente, é neste título que a palavra álgebra parece ter sido pela primeira vez documentada e, em certo sentido, este terá também sido o primeiro livro escrito sobre álgebra.

Ao descrever o propósito do seu livro, al-Khwarizmi refere pretender ensinar:

*... o que é mais fácil e mais útil na aritmética, tal como é constantemente requerido pelos homens nos casos de herança, legados, partições, casos legais, comércio, ... ou aquando da medição de terras, escavação de canais, computações geométricas e de outros objectos de várias sortes.*

Embora esta abordagem não se pareça muito com a álgebra, tal como hoje a conhecemos, importa notar que os primários propósitos de então visavam, não só a praticabilidade, mas também a resolução dos casos diários que iam ocorrendo no império islâmico. E, na parte inicial do seu tratado em álgebra, al-Khwarizmi ao descrever os números naturais explicita uma irónica justificação:



...quando considero o que as pessoas normalmente pretendem do cálculo, o que encontro é um número.

Em **Hisab al-jabr wál-muqabala**, e após a introdução dos números naturais, al-Khwarizmi formula tópicos sobre solução de equações onde trata de equações lineares e quadráticas por manipulação de unidades, raízes e quadrados. Seguindo a tradição da época, as matérias eram inteiramente abordadas através de palavras já que o uso de símbolos matemáticos não era recorrente na didática de então. Al-Khwarizmi começava por reduzir uma equação (linear ou quadrática) a um dos seis modelos de referência e, durante esse processo, ele fazia recurso a duas operações: al-jabr e al-muqabala.

Para al-Khwarizmi, **al-jabr** significava completar - um processo que consistia em remover os termos negativos de uma equação, do qual um conhecido caso será a transformação da equação  $x^2 = 40x - 4x^2$  em  $5x^2 = 40x$ . Por seu lado, o termo al-muqabala refere-se ao processo de simplificar potências do mesmo grau nos dois lados da equação - como era o caso de  $50 + 3x + x^2 = 29 + 10x$  em  $21 + x^2 = 7x$ .

Usando métodos algébricos e/ou geométricos al-Khwarizmi demonstra como resolver as suas seis equações de referência, e muitas das suas demonstrações geométricas sugerem um excelente domínio de *Elementos*, por Euclides.

Na parte seguinte do seu tratado em álgebra, al-Khwarizmi expõe aplicações e exemplos; ele procura então determinar as áreas de figuras como o círculo e o volume de sólidos como esferas, cones e pirâmides, tudo isto numa secção em medições em que mostra uma maior comunhão com os trabalhos hindus e hebreus do que com a tradição do classicismo grego. A parte final do seu tratado trata das complicadíssimas regras islâmicas para heranças num esforço que, da álgebra, requeria apenas o tratamento de equações lineares.

علي تسعة ونلتين ليم السطح الاعظم الذي هو سطح ره فبلغ  
ذلكت كله اربعة وستين فاختارنا جذريها وهو لمائيتة وهو احدى  
اضلاع السطح الاعظم فاذا نقصنا منه مثل ما زدنا عليه وهو  
خمسة بقي ثلثة وهو نيلع سطح اب الذي هو المال وهو جذره  
والثالث تسعة وهذه صورته

ج	ب
٢٥	٥

واما مال واحد وعشرون فدرهما يعدل عشرة اجذاره فانا  
تجعل المال سطحاً مربعاً مجهول الاضلاع وهو سطح اد ثم نضم  
اليه سطحاً متزاي الاضلاع عرفه مثل احدى اضلاع سطح اد وهو  
سطح هـ والسطح د ب فصار طول السطحين جميعاً سطح جـ هـ  
وقد علمنا ان طول عشرة من العدد لى كن سطح مربع  
مساوي الاضلاع والزوايا فان احدى اضلاعه منصوباً لى واحد جذر  
ذلك السطح وفي اثنين جذرا فلما قال مال واحد وعشرون  
يعدل عشرة اجذاره علمنا ان طول سطح هـ جـ عشرة اعداد لى  
سطح جـ د جذر المال فقسما نلغ جـ هـ بنصفين علي نقطة

Al-Khwarizmi escreveu também um tratado sobre os números hindus. O texto em arábico perdeu-se, mas uma tradução latina, *Algoritmi de numero Indorum*, institucionaliza de facto a correlação entre o nome deste matemático e a palavra algoritmo. Nesse trabalho al-Khwarizmi descreve a importância da posição ordinal do número num sistema decimal, e pensa-se que o primeiro uso do zero, em notação posicional, se terá devido a al-Khwarizmi.

**Sindhind zij** foi um outro trabalho importante de al-Khwarizmi, e esse era agora um tratado em astronomia que se baseava nos trabalhos indianos e não, como ele dizia, nos mais recentes manuais astronómicos islâmicos que se baseiam nos modelos planetários gregos tal como expressos no *Almagest*, de Ptolomeu.

Muito recentemente, Malba Tahan contava que o melhor texto indiano com que al-Khwarizmi

trabalhou terá sido oferecido à corte de Bagdad por uma missão diplomática indiana, em meados de 770, e que dele al-Khwarizmi terá recolhido muita da sua inspiração para produzir *Sindhind zij*.

Apesar de as duas versões escritas em arábico se terem perdido nos tempos, sabe-se que nesse tratado ele abordava uma panóplia de assuntos - calendários, longitude em planetas, trigonometria esférica, paralaxe e cálculo de eclipses.

Posteriormente, em meados de 825 d.C., al-Khwarizmi desenvolve tabelas trigonométricas que ainda permanecem como uma referência no universo matemático moderno; e os seus cálculos à quinta casa decimal passaram a permitir o desenvolvimento de uma nova precisão na astronomia e outras ciências.



Como é universalmente reconhecido por todos os matemáticos, al-Khwarizmi situa-se na primeira linha da história da ciência. Na verdade, a Leste e a Oeste de então, ele foi o sábio que compôs e desenvolveu alguns dos mais importantes trabalhos matemáticos, ajudando assim a erguer a principal fonte de conhecimento matemático durante os séculos seguintes - especialmente na Europa quando foi traduzido para latim.

Circa 850 d.C., **al-Battani** nasce em Harran e, embora oriundo de uma família que havia seguido as tradições sabéias, este matemático seria certamente islâmico, como aliás sugere o seu nome: Abu Allah Mohammad ibn Jabir ibn Sinan al-Raqqi al Harrani al-Sabi al-Battani.

Foi em Antioch, e em ar-Raqqah na Síria, que al-Battani levou a cabo muitas das suas notáveis observações astronómicas. Sobretudo em ar-Raqqah, nas margens do Rio Eufrates, onde Harun al-Rashid, o quinto califa da dinastia Abbasid, havia mandado construir vários palácios e plataformas de observação.

Num trabalho compilado em 988 d.C. pelo bibliotecário ibn an-Nadim, o *Fihrist* (Índice), al-Battani é assim referido:

*... um dos famosos observadores e um líder em geometria, astronomia teórica e prática, e astrologia. Ele compôs um livro sobre astronomia, com tabelas contendo as suas próprias observações do Sol e da Lua numa descrição mais rigorosa do que a dada no Almagest de Ptolomeu.*



O *Fihrist* refere também que, entre os anos 877 e 918, al-Battani efectuou observações astronómicas, e que o seu catálogo de estrelas se baseou no ano 880. Este *Índice* cita vários trabalhos de al-Battani nomeadamente o seu grande trabalho em astronomia, **Kitab al-Zij** - um tratado que contém 57 capítulos e que começa com uma descrição da esfera celestial dividida em signos e graus zodiacais onde várias ferramentas matemáticas, tais como operações com fracções sexagesimais e funções trigonométricas, são introduzidas.

O capítulo quarto de Kitab al-Zij inclui observações de al-Battani, e um grande número de questões astronómicas é discutido do capítulo quinto ao vigésimo sexto. Os capítulos 27 a 31 abordam os movimentos do Sol, Lua e dos cinco planetas, onde a teoria proposta é basicamente a de Claudius Ptolomeu. O tratado prossegue abordando a conversão de datas, e dezasseis capítulos são dedicados ao modo como as suas tabelas devem ser lidas, ao que se seguem capítulos sobre astrologia e sobre a construção de relógios solares e outros instrumentos astronómicos.

Entre os seus maiores feitos, al-Battani é creditado como tendo catalogado 489 estrelas, e por ter refinado alguns dos cruciais valores astronómicos até então estabelecidos, nomeadamente a duração do ano (365 dias 5 horas 48 minutos e 24 segundos) e os períodos das estações. Ele refina ainda o ritmo de precessão anual dos equinócios em 54.5" por ano, e chega ao valor de 23° 35' para a inclinação da eclíptica. E ao invés de métodos geométricos, como Ptolomeu, al-Battani usa uma nova trigonometria que lhe permitia provar que a distância do Sol à Terra varia e que, por isso mesmo, os eclipses do sol tanto podem ser totais, como anulares.

Já **Ibn Yunus** foi um personagem descrito por um biógrafo seu contemporâneo como um homem excêntrico, descuidado e distraído; um homem que se vestia de roupas coçadas e que tinha um aspecto cómico.

*Abu'l-Hasan Ali ibn Abd al-Rahman ibn Ahmad ibn Yunus al-Sadafi*, de seu nome completo,

cresceu num período de turbulências militares. Por essa altura, a dinastia fatímida, cujo nome deriva de Fátima, a filha do Profeta Mohammad, orquestrava um movimento que procurava assumir todo o poder político e religioso do Islam; uma dinastia que se recusava a reconhecer o regime constitucionalmente islâmico dos califas Abbasid e que, na primeira metade do século X, estendia já o seu poder sobre todo o norte de África e Sicília.

Após vários reveses na tentativa de conquistarem o Egipto, em 969 os fatímidas conseguem finalmente passar a dominar o vale do baixo Nilo - onde fundam a cidade de Cairo, capital do seu império - e é nessa altura que **Ibn Yunus** se torna uma popular figura na cidade mercê dos seus calendários astrológicos.



O principal trabalho de Ibn Yunus foi **al-Zij al\_hakimi al-kabir**, um extenso manual de astronomia com 81 capítulos, onde ele descreve 40 conjunções planetárias e 30 eclipses da Lua que seriam mais tarde utilizados na formulação de algumas teorias lunares.

Em *Hakimi Zij*, **Ibn Yunus** aborda os calendários islâmicos, cópticos, sírios e persas, e fornece tabelas para sua equiparação. Inclusivamente, ele calcula as sempre difíceis datas da Páscoa cristã.

As suas funções trigonométricas são expressas em arcos, e não em ângulos, e com ele a trigonometria esférica viria a atingir um pináculo de sofisticação.

Bizarro como sempre, Ibn Yunus terá sido também um dos poucos cientistas a estabelecer uma data para a sua morte. Ele predisse-a com 7 dias de antecedência, e quando ainda gozava de boa saúde. Após resolver os seus assuntos correntes, Ibn Yunus decide fechar-se em casa e concentrar-se na recitação do Alcorão - até que

falece na data prevista.

Durante os séculos XI e XII o ritmo de avanço da ciência islâmica entra em marcado declínio e, estranhamente, muitos dos grandes livros e ideias científicas passam a ser remetidos para plano inferior nas terras islamizadas.

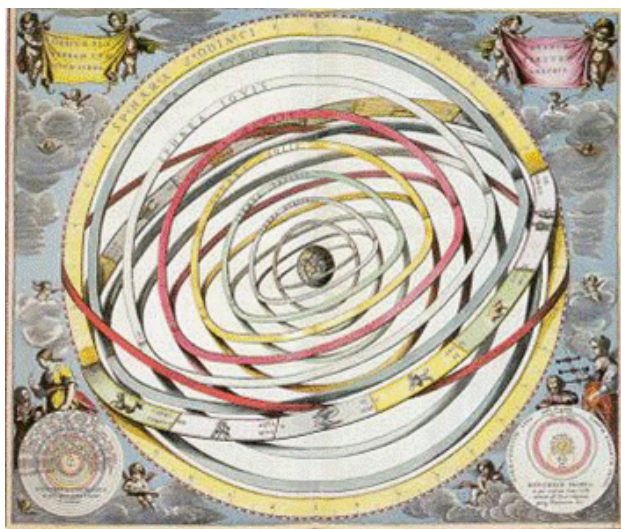
Ainda hoje parece não haver consenso quanto às determinantes desse declínio e, embora se admita que a insularidade a que a cultura islâmica se remeteu possa ter sido uma das razões, há quem sugira que o progressivo ostracismo intelectual imposto às mulheres o tenha acelerado.

Seja como for, numa Europa ávida de transpor a sua era de trevas, os trabalhos matemáticos islâmicos viriam a ter enorme influência na revolução do pensamento europeu, em particular após, em 1116, Plato de Tivoli ter traduzido para latim o tratado *Kitab al-Zij*, por al Battani, sob o título *De motu stellarum*, do qual edições impressas viriam a ser publicadas em 1537, e de novo em 1645.

numa **Europa do século XVI**

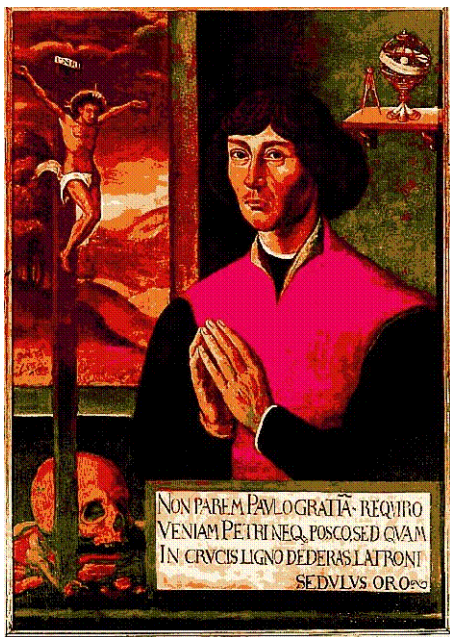
em que os poderes religiosos permaneciam ainda arreigados às velhas tradições aristotélicas, o *Almagest* de Ptolomeu continuava posicionar-se como a fonte primária da astronomia.

De facto, o velho tratado parecia imune à emergência de culturas e ciências alternativas e, não por acaso, esta nova vaga de informação indiciava perigosas contradições para os poderosos dos regimes.



Na verdade, apesar de os novos conceitos, instrumentos, tabelas trigonométricas e observações astronómicas se mostrarem tecnicamente cruciais, como por exemplo no caso das grandes navegações europeias, o facto era que essas marés de novo conhecimento abalavam cada vez mais algumas das mais estabelecidas verdades desses sistemas – sobretudo a nível teológico.

Desde há 1300 anos que, para além das complicações inerentes aos epiciclos, um dos problemas críticos do sistema ptolomaico se relacionava com o modo como deveria variar o tamanho aparente dos astros. O caso mais imediato, porque mais à vista, era o da Lua e **Nicolau Copernicus** (1473-1543) decidiu analisar melhor o assunto.



**Copernicus** fora educado na prestigiosa Universidade de Cracóvia, tendo igualmente estudado em Itália antes de assumir o seu cargo como Cónego de Frauenberg, uma pequena cidade da costa báltica.

Quando reinterpretou o problema da variação do tamanho aparente dos astros, Copernicus concluiu que se impunha um corte epistemológico com as teorias geocêntricas vigentes e, literalmente, a revolução que se seguiu moveu os Céus e a Terra.

Embora continuasse a adoptar uma concepção eminentemente ptolomaica quanto à circularidade das órbitas planetárias, e mesmo quanto aos próprios epiciclos, Copernicus passa a propor um **sistema heliocêntrico** - um universo centrado no Sol. E este era um facto que,

por si só, representava uma imensa revolução!

O sistema concebido por Copernicus predizia correctamente, a partir do Sol, a ordem das órbitas planetárias e tornava possível estimar a distância relativa de



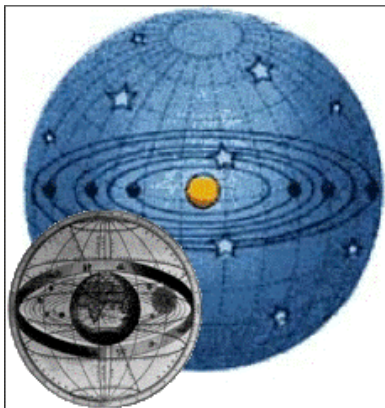
cada planeta ao Sol. Mais ainda, a partir de Copernicus, o aparente movimento retrógrado dos planetas passava a ser parcialmente explicado em termos do seu movimento relativamente a uma *Terra que também se movia*.

O seu grande trabalho **De revolutionibus orbium coelestium** (*Sobre Revoluções das Esferas Celestes*) foi publicado no ano de sua morte, 1543, e com muita relutância por sua parte. As ideias propostas neste trabalho haviam sido prefiguradas em *Commentariolus*, um manuscrito seu do início da década de 1510, que Copernicus havia distribuído apenas a um reduzido círculo de colaboradores. E esses eram uns comentários onde ele admitia que o seu objectivo seria, não a substituição do modelo ptolomaico em si, mas antes e apenas torná-lo mais perfeito, *mais Grego* !

Os *Commentariolus* eram um mero esboço conceptual que Copernicus havia prometido desenvolver, mas quis o destino que em Copernicus tivesse crescido uma sistemática relutância em publicar os seus trabalhos - mesmo que a isso o encorajassem as autoridades da Igreja próxima e, ironicamente, o próprio Vaticano.

E a propósito desta aversão mediática conta-se que, quando convidado a participar no Concílio Lateranense que em 1514 abordaria a reforma do calendário, Copernicus recusa o seminal convite porque, para ele, *o calendário não poderia ser adequadamente reformado sem que se conhecesse, com mais segurança, o movimento dos planetas*.

Para alguns historiadores estas posições sugerem que, de algum modo, a sua aversão mediática se poderia relacionar com a insegurança que Copernicus sentia no edifício científico da sua revolução. Copernicus sabia que se baseava em tabelas astronómicas antigas e que as suas próprias observações não eram suficientemente definitivas. Por outro lado, em princípio, a sua nova mecânica planetária deveria permitir-lhe simplificar o número de ciclos e epiciclos mas, à medida que refinava o seu protótipo, Copernicus afinal constatava a necessidade de mais epiciclos que o próprio Ptolomeu - 40 *versus* 34; e isto apenas relativamente a 7 astros e à esfera celestial.



Para Copernicus a questão tornava-se ainda mais dramática pelo facto de o seu protótipo exigir que os planetas se movessem, não já em torno do Sol, mas antes, em torno de pontos derivados do Sol. E importa aqui admitir que, na verdade, Copernicus não dispunha de nenhuma evidência que realmente lhe provasse que o seu sistema era perfeito, ou sequer melhor que o de Ptolomeu.

Infelizmente, Copernicus não viveu o bastante para saber que afinal, por muito inseguro que tudo aquilo lhe parecesse, ele estava muito perto





da correcta geometria planetária, e dos focos das elipses.

E foi o entusiasmo de Rheticus, um seu aluno, que permitiu vencer a relutância de Copernicus em publicar *De revolutionibus* no ano de sua morte, 1543, em Nuremberga - na altura, uma cidade luterana.

Pouco tempo depois de o livro de Copernicus ter sido sujeito a provas finais, Rheticus mudou-se para Leipzig e a impressão do livro acabou por ser confiada a Andreas Osiander, um dos fundadores do luteranismo. E foi então que um famoso prefácio apareceu inserido na obra; um prefácio que, no essencial, era um aviso ao leitor:

*a verdade ou não do sistema de Copernicus não é, em si, uma questão séria: uma comparação entre sistemas diferentes é útil ao se julgar qual deles é mais fácil para se calcular; e os verdadeiros movimentos celestes são para ser decididos por outros critérios filosóficos e teológicos.*

Em boa verdade, e embora Copernicus também alimentasse algumas dessas dúvidas, conta-se que o prefácio foi abusivamente inserido por Andreas Osiander para apaziguar Martinho Lutero que, na altura, se opunha fortemente à visão de Copernicus.

*De revolutionibus*, por Copernicus, não foi um sucesso científico, e as revolucionárias asserções sugeridas em 1510 nos *Commentariolus* não apareceram demonstradas em *De revolutionibus* (1543). Porém, pelo menos com uma certeza se finou Copernicus – **a Terra movia-se!** O trágico era que ele não havia deduzido nem como, nem porquê.

Mas, mesmo sem o desejar, Copernicus havia acendido um rastilho intelectual de explosivas repercussões.



**Johannes Kepler** (1571-1630)

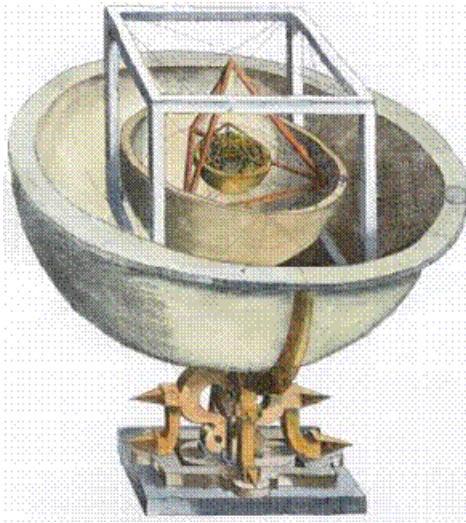
que era um ardente copernicano, sentiu-se ultrajado pelo prefácio abusivamente inserido no *De revolutionibus* já que, encapotado em anonimato, o prefácio parecia dar a impressão de poder ter sido escrito pelo próprio Copernicus.

Mas quis o destino que **Kepler**, para além de muita ciência, dispusesse também de coragem para se rebelar contra tiranias intelectuais, incluindo a astronomia geocêntrica de raiz aristotélica.

Em 1595, enquanto dava uma aula, Kepler teve a sua primeira visão de uma nova harmonia cósmica. No quadro, desenhava ele um triângulo equilátero com um círculo inscrito no seu interior e um outro circunscrito à sua volta quando, subitamente, Kepler constata que a relação dos raios desses dois círculos era igual à relação entre as órbitas de Saturno e Júpiter, tal como então eram conhecidas.

Kepler julga-se perto de uma relação mágica, e imagina então um modelo cósmico construído a partir de sólidos platónicos anichados numa sequência de esferas orbitando em volta do Sol. Contudo, esse era ainda um modelo que,

embora revolucionariamente **heliocêntrico**, continuava a recorrer às tradicionais esferas aristotélicas e a órbitas circulares.



O modelo de Kepler não se previa fácil porque, de acordo com a concepção euclidiana da época, só existiam 5 sólidos perfeitos, e o número de planetas então conhecidos já chegava a seis. Mesmo assim, Kepler fica efusivo com a ideia, particularmente porque o modelo lhe parecia permitir casar precisão matemática com harmonia cósmica, e acaba por propor a seguinte ordem sequencial para os sólidos platônicos: *octaedro* (8 - faces), *icosaedro* (20), *dodecaedro* (12), *tetraedro* (4) e *cubo* (6).

Com apenas 25 anos, Kepler publica então os seus primeiros resultados no *Mysterium cosmographicum* (1596) dando assim

início à mediatização póstuma de Copernicus.

Muito embora Kepler houvesse acolhido um eclesiástico conselho no sentido de não dedicar capítulos inteiros à reconciliação do heliocentrismo com as Escrituras, ele resiste à hipocrisia e em *Mysterium cosmographicum* Kepler afirma, preto no branco, que o *universo heliocêntrico é absolutamente e fisicamente verdadeiro*.

Julga-se mesmo que, de alguma forma, Kepler acreditava na existência dos sólidos platônicos muito embora ele admitisse que a estrutura subjacente ao Universo não poderia ser senão um sinal da obra do Grande Arquitecto, ele próprio.

Após algumas outras especulações metafísicas, o *Mysterium cosmographicum* subitamente muda de tom e começa a explanar-se como uma peça de moderna física. Kepler descreve todos os seus cálculos e raciocínios, e procura uma solução física para os movimentos orbitais.

Em definitivo, Kepler não estava disposto a ter que continuar a acreditar em *anjos empurrando planetas*, e é de facto neste trabalho que, pela primeira vez, se aborda a hipótese de uma força gravitacional que, emanando do Sol, ia perdendo intensidade à medida que cresciam as distâncias planetárias. Para Kepler, a fonte desta força seria Deus, o Grande Arquitecto.

Mas cedo se revelaram os problemas de *Mysterium cosmographicum*, e Kepler tentou adequar o seu modelo, mas sem sucesso – os dados das observações disponíveis não estavam em acordo com o modelo, a teoria dos sólidos anichados mostrava-se incoerente e a sua versão de uma força gravitacional não funcionava. Mesmo assim, Kepler permanecia convencido que andava perto da verdade e resolve então passar à experimentação.

Desde logo, o que Kepler necessitava era de boas tabelas de observações astronómicas e havia um astrónomo que as tinha – **Tycho Brahe**.

Kepler envia-lhe o *Mysterium cosmographicum* e Tycho Brahe detecta que, incongruências à parte, em Kepler habitava uma mente brilhante. Três anos depois, em 1600, Kepler torna-se assistente de Tycho Brahe, em Praga.

Mas estes eram dois homens que não podiam ser mais diferentes.

Com o seu famoso nariz dourado - uma prótese de ouro, prata e cobre substituía a parte do nariz que ele havia perdido em duelo por assuntos matemáticos - Tycho Brahe, era certamente uma figura esfuziante, mas era sobretudo um cientista apostado em estabelecer um conhecimento rigoroso dos céus e tudo indica que o seu interesse pela astronomia se ficou a dever ao facto de, durante a juventude (talvez em 1559), ter observado um eclipse do Sol que havia sido previsto por alguns astrónomos.



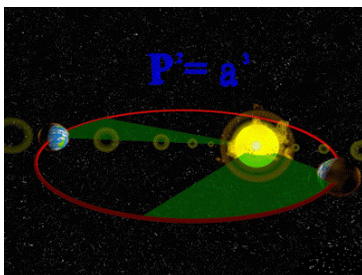
Kepler, por seu lado, era um jovem cientista obcecado com a mística, e conta-se que se mostrava muito pouco tolerante com as bizarras cortesãs que tanto excitavam Tycho Brahe. Todavia, diferenças à parte, para Kepler era Tycho quem dispunha não só das melhores tabelas, mas também dos mais modernos e completos observatórios astronómicos da altura - Uraniborg e Stjerneborg na ilha de Hveen, no Báltico.

Ocorre que, tal como Kepler, Tycho também alimentava uma teoria planetária alternativa que já tomava em consideração os notórios erros da visão aristotélica - mas essa era uma teoria que Tycho se recusava a publicar e, incidentalmente, a teoria era tão egoisticamente sua que os seus colegas e assistentes não conheciam dela a maior parte.

Quando Kepler começa a trabalhar como assistente de Tycho em 1600, o mestre destina-lhe a tarefa de analisar os dados orbitais de Marte - claramente, um dos casos mais difíceis das órbitas planetárias.

Contudo, desde cedo que começaram a manifestar-se as diferenças de idade e carácter, e a relação entre eles desenvolve-se em ambiente de alguma tensão. Mas cada um sabia que necessitava do outro e Tycho, então já com muitos anos de idade, admitiu que, após a sua morte, seria ao jovem Kepler que ele deveria legar o trabalho da sua vida - para que Kepler pudesse conceber o novo universo.

Dezoito meses apenas após o início desta portentosa colaboração, Tycho morre e Kepler, após uma disputa com os herdeiros, ganha finalmente o direito de utilização das melhores observações astronómicas da época - a colecção de Tycho.



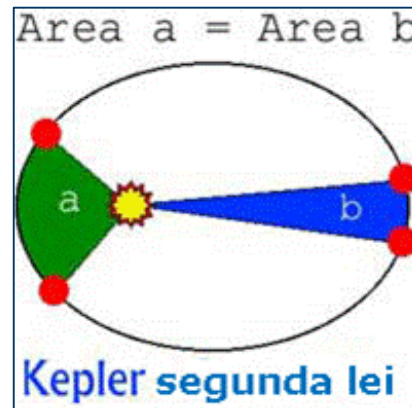
Mas era notoriamente difícil transformar números em órbitas e, durante anos, Kepler tentou aplicar as observações de Tycho na formulação de novos modelos heliocêntricos. Note-se que a dificuldade com a órbita de Marte se devia ao facto de ela ser a que mais se desviava da órbita circular. Mas, note-se também que, a resolução desta dificuldade seria a chave para que se entendessem todas as outras órbitas planetárias.

Finalmente, em 1609, Kepler publica o seu *magnum opus*, **Astronomia nova**, onde estabelece com clareza geométrica que a órbita de Marte tinha a forma de uma elipse, e não a de um círculo. Ele estabelece também que o Sol ocuparia um dos dois focos dessa elipse, e esta é a primeira das **leis de Kepler**.

Neste tratado, Kepler define ainda uma segunda lei – *cada planeta cobre áreas iguais em tempos iguais*.

E é igualmente notável que, neste mesmo tratado, Kepler haja correctamente induzido que, na Terra, as marés resultam da força de atracção exercida pela Lua, e que seria essa mesma força que manteria as águas dos oceanos ligadas à Terra.

Kepler andava assim dramaticamente próximo de uma teoria da gravitação modelada na atracção magnética mútua. Mas, estranhamente, ele não desenvolve a respectiva lei do inverso do quadrado da distância, mesmo já sabendo que, em Óptica, tal lei já se aplicava à intensidade da luz.



No entanto, embora as órbitas dos planetas estivessem agora correctamente descritas, Kepler continuava a sentir-se inseguro quanto à verdadeira natureza das forças que faziam mover planetas e, infelizmente, nunca chegou a descobrir porque razão seriam elípticas tais órbitas. Assim, o conhecimento científico teria que aguardar pelo impacto de uma maçã numa outra mente genial.

Porém, tudo somado, com **Astronomia nova** de Kepler eram finalmente banidos da astronomia os aristotélicos anjos invisíveis empurrando planetas, e o universo astronómico passava agora a ser um mundo de geometria e forças. E, para Kepler, não restavam dúvidas que a coreografia de piruetas da tradicional astronomia geocêntrica podia agora ser substituída por elegantes elipses concebidas segundo um modelo heliocêntrico.

No limite, Kepler também demonstrava que a tarefa da ciência não mais seria *consagrar o fenómeno*, como propunha a ortodoxia aristotélica, mas antes descobrir as leis físicas dos movimentos planetários e expressá-las em linguagem geométrica – *explicar o fenómeno*, portanto!

Em 1618 Kepler retoma o *leitmotif* da sua vida com a publicação de **Harmonice mundi** - uma fusão de matemáticas, física e misticismo, onde ele explicita a sua terceira lei dos movimentos planetários: *o quadrado do período da revolução de um planeta é proporcional ao cubo da sua distância média ao Sol*.

A um ritmo infernal, no período 1618-21 Kepler vai publicando o seu **Epitome astronomiae Copernicanae**, uma completa exposição da astronomia kepleriana, com grande foco nas órbitas de Marte certamente, mas que abrange igualmente os outros planetas conhecidos. Um tratado que viria a tornar-se numa das mais importantes referências astronómicas – um novo Almagest – e que colocava Kepler pelo menos uma geração à frente dos seus colegas astrónomos, inclusive de **Galileu**.



## Galileo, Kepler e a Inquisição

Estranhamente, apesar de contemporâneos Kepler e **Galileo Galilei** (1564 – 1642) nunca se encontraram face a face.

Desde muito jovem que **Galileo** evidenciou notáveis qualidades científicas, como o prova o facto de aos 19 anos ele ter demonstrado o isocronismo do pêndulo e de, aos 22, haver inventado a balança hidrostática.

Com meros 25 anos Galileo assume a cátedra de Matemática na Universidade de Pisa e, três anos depois, é convidado leccionar na Universidade de Pádua onde começa a interessar-se pelas teorias copernicanas.

E tudo indica que rapidamente se sente intelectualmente impelido a admiti-las como válidas já que, numa carta que em 1597 ele escreve a Kepler, Galileo refere: “Tal como você, há alguns anos que eu aceitei a posição copernicana e com base nelas descobri a causa de muitos efeitos naturais que, indubitavelmente, são inexplicáveis pelas teorias correntes.”

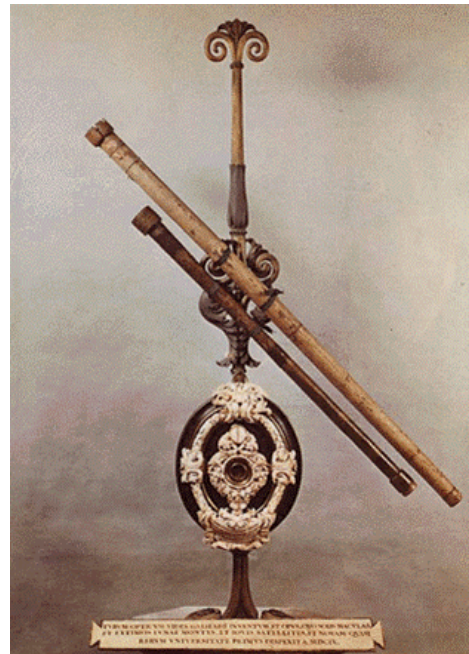
Contudo, apesar de Kepler lhe ter enviado uma cópia do seu *Mysterium cosmographicum* nesse mesmo ano de 1597, Galileo mostrava-se relutante em suportar publicamente as ideias copernicanas parecendo mais interessado em cultivar a graça dos poderosos eclesiásticos aristotélicos que a elas se opunham.

Entretanto, Galileo, que ia fingindo amizade para com Kepler, em especial ao nível da correspondência que com ele trocava, escusava-se a enviar-lhe um dos seus novos telescópios, ou mesmo qualquer cópia dos seus trabalhos.

Note-se que tudo isto se passa em meados de 1608, ano em que havia sido inventado um novo instrumento para observar o mundo - **o telescópio**; uma ferramenta que viria a produzir efeitos imediatos, e dramaticamente cruciais, na ciência astronómica e não só.

Embora outras reivindicações existam, a invenção do telescópio é normalmente atribuída a Hans Lippershey, um mercador holandês que vendia lentes ao novo e florescente mercado dos que, apesar de verem mal, agora queriam ler, e se possível com óculos, os livros que as novas impressoras de Gutenberg começavam a espalhar pela Europa.

Porém, também há quem refira que não foi Lippershey quem na realidade inventou o telescópio, mas antes um seu anónimo empregado que, enquanto preguiçosamente polia lentes para óculos, ao alinhar duas delas constatou que, a certas distâncias, a sua visão da igreja em frente era notoriamente ampliada. Lippershey, o seu patrão, apercebe-se imediatamente do potencial da descoberta e, em 1608, num golpe de marketing decide montar duas lentes num tubo



dando-lhe o nome de *perspicillum* (instrumento para olhar por).

O primeiro *perspicillum* terá sido vendido ao governo holandês à guisa de revolucionário instrumento militar mas, tal como acontece a muitos outros segredos militares, rapidamente a notícia se espalhou tendo chegado aos ouvidos de Galileo em Julho de 1609.

Galileo, que sempre teve olho para as grandes oportunidades, imediatamente detecta duas coisas: primeiro, que ninguém ainda tinha lucidamente considerado as várias ópticas da ideia; segundo, que havia um enorme mercado para o *perspicillum*.

Galileo possuía uma notável habilidade prática e constrói o seu próprio *perspicillum*, e com significativas melhorias já que rapidamente atinge magnificações de 10x, contra um máximo de 3x dos iniciais *perspicilla*.

Oferece então um *perspicillum* às autoridades de Veneza que, estupefactas, passam assim a ser capazes de detectar as armadas inimigas a confortáveis distâncias. Mas lentes era coisa que não faltava e o mercado começa a ser inundado por *perspicilla* baratos, incluindo alguns feitos na própria Itália.

Galileo, que nisso vê uma perturbação do seu nicho comercial, considera-os meros brinquedos, e passa a reivindicar a invenção de um novo e melhorado modelo de *perspicillum* a que chama **telescopium** (ver à distancia). Todavia, importa aqui referir que, por recurso a refinados polimentos de lentes e a sucessivos aumentos das distâncias focais, por volta de 1610 os telescópios de Galileo viriam não só a atingir notáveis magnificações de 20x e 30x mas também a visualizar imagens direitas, ao contrário dos iniciais *perspicilla*.



Galileo estava assim em condições de abordar os céus com um instrumento verdadeiramente revolucionário e, em 1610, um ano após ter começado a usar telescópios, ele publica **Sidereus nuncius** (Mensageiro das Estrelas).

As suas observações revelavam que a Lua não era uma perfeita e suave superfície esférica mas antes um corpo com montanhas, lagos e oceanos, que Vénus mostrava ter fases tal como a Lua, e que Saturno seria um bizarro planeta com três partes – note-se que, na altura, o telescópio distorcia-lhe a imagem dos anéis de Saturno.

Contudo, o facto de Júpiter ter o seu próprio sistema de satélites, tal como Galileo os podia observar, era uma constatação mais problemática dado que isso demonstrava que outros centros de revolução orbital existiriam no Universo – o que, a par do então heterodoxo heliocentrismo, constituía uma outra dramática perturbação do status teológico da época.

No entanto, Galileo continua a fazer lobbies e consegue ascender à posição de matemático oficial junto dos poderosos Medicis; é então eleito para a Accademia dei Lincei em Roma e, meteoricamente, torna-se uma estrela mediática já que a sua preferência pelo uso da linguagem vernácula, ao invés do latim, havia amplamente popularizado os seus trabalhos por grande parte de Itália. Mas, tal como hoje, o mediatismo é uma faca com pelo menos dois gumes.

Em 1611, Galileo é então convidado a demonstrar as suas descobertas telescópicas perante o Colégio Jesuíta Romano e, no fim da exposição, Galileo presume ter convencido os participantes, ou a quase todos pelo menos.

Uma figura chave deste processo terá sido o Cardeal Roberto Bellarmino, conselheiro teológico do Papa, que, apesar de não ser adepto de grandes novidades científicas, pede aos astrónomos do conciliábulo que verifiquem as descobertas de Galileo. No que lhe dizia respeito, os jesuítas consideravam-se preparados para aceitar outros centros de revolução orbital para os planetas, incluindo o heterodoxo sistema heliocêntrico, mas só se prova irrefutável fosse produzida.

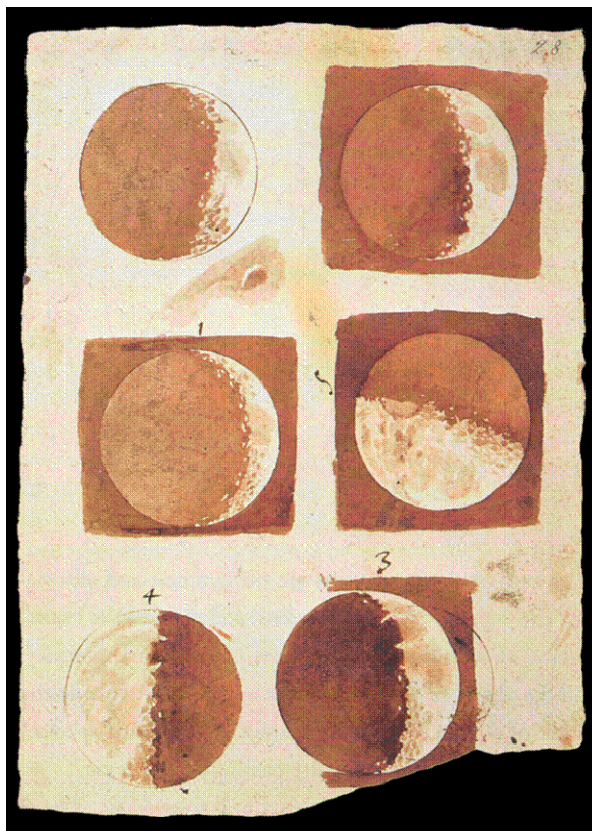
De forma exaustiva, os jesuítas verificam então as observações de Galileo e acabam por não manifestar grande relutância em admitir as sugestões heliocêntricas de Copernicus, Kepler e Galileo, para além da hipótese de outros centros de revolução orbital. Reconhecem mesmo que o sistema de Kepler funcionava e, segundo eles, a nova perspectiva consagrava o fenómeno de uma forma mais rigorosa que o modelo ptolomaico.

No entanto, para eles jesuítas, não se via ainda prova bastante que permitisse à Igreja adoptar essa nova física, sobretudo porque o modelo copernicano parecia contradizer algumas interpretações das Escrituras e, alterar visões do universo com séculos de estabelecida verdade, reeducar povos e igrejas, tudo isso exigia melhores provas.

Tacticamente, o Colégio e a comissão papal acabaram por sugerir a Galileo uma maior ponderação na análise, recomendando-lhe que poderia continuar a referir-se ao modelo de Copérnico desde que apenas em termos hipotéticos e não absolutos.

De regresso a Florença, Galileo vai publicando vários trabalhos e, entre 1613 e 1615, escreve a alguns amigos a sua famosa *Carta Copernicana* que, apesar de não publicada, começa a circular intensamente nos meios científicos. Contudo, esta *Carta Copernicana* vem agravar profundamente a animosidade dos teólogos aristotélicos para com Galileo e, em 1616, o *Santo Ofício* emite uma forte condenação das teorias cosmológicas copernicanas; em consequência, o livro *De revolutionibus* de Copernicus passa a ser listado no *Índex de Livros Proibidos* pela Igreja Católica.

Apesar de as suas obras não terem sido incluídas no *Index librorum prohibitorum*, Galileo é de novo chamado a Roma para defender as suas teorias e, uma vez





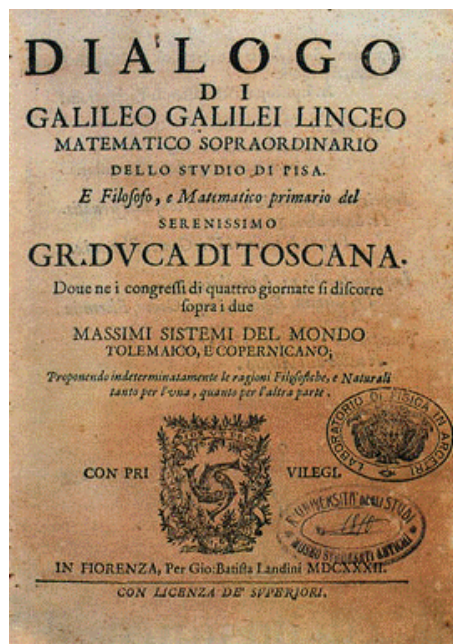
mais, o Cardeal Bellarmino insta Galileo a considerar o heliocentrismo como mera hipótese matemática em cálculos de mecânica celeste e não como a única descrição do Universo. Para os jesuítas, e apesar da eloquência da galileana Prova da Teoria das Marés, as evidências continuavam a ser insuficientes para que se validasse a teoria heliocêntrica.

Se, nesse ano de 1616, Galileo foi ou não formalmente proibido de ensinar, promover ou escrever sobre a teoria de Copérnico é matéria que, apesar de processualmente importante, ainda hoje não parece consensual. Há historiadores que defendem que sim, que em 1616 Galileo foi formalmente proibido e não apenas aconselhado a adotar tal postura, mas há também historiadores que, com base na tradicional estrutura formal dos documentos jurídicos do Santo Ofício, consideram que a acta de proibição não passa de uma falsificação forjada por alguns teólogos aristotélicos de forma a, dezassete anos depois, melhor sustentarem as suas acusações contra Galileo.

Um tanto incomodado pelas contradições com a Igreja, e sentindo que começavam a escassear-lhe amigos e protectores oficiais, de regresso a Florença Galileo decide concentrar-se em investigações na física: como funcionam as coisas?

Mercê do seu espírito fértil e prático, Galileo dedica-se então à invenção de instrumentos que permitissem suportar um novo experimentalismo: o termómetro, o medidor de tensão arterial, as bombas de água por tracção animal, os métodos de cálculo de trajectória balística, tudo isso foram inventos seus na altura. Durante esse período, Galileo chega mesmo a fazer uso dos satélites de Júpiter, que ele considerava um relógio universal, para tentar resolver o difícil cálculo da longitude nos oceanos das navegações.

Em 1623, Galileo vê as suas esperanças renascidas quando o Cardeal Maffeo Barberini é eleito Papa. Ao contrário do toscão Paulo V, o novo Papa Urbano VIII aparentava uma relativa abertura para com as artes e ciências, e Ciampoli, o secretário pessoal do novo Papa, encoraja Galileo a retomar a publicação das suas ideias: *"Caso você se decida a publicar as ideias que ainda tem em mente, estou certo que elas serão aceitáveis para Sua Santidade, que nunca deixou de admirar a sua eminência e que preserva intacta a sua ligação para consigo. Você não deverá privar o mundo das suas produções."*



Durante os anos iniciais do seu papado, Urbano VIII viria até a conceder algumas longas audiências a Galileo durante as quais mostra a sua abertura quanto à retomada do debate quanto aos méritos do modelo de Copérnico caso Galileo não refutasse, definitivamente, um Universo centrado na Terra.

Em Dezembro de 1629, Galileo comunica aos seus amigos em Roma que havia terminado um **Diálogo relativo aos Dois Principais Sistemas do Mundo – o Ptolomaico e o Copernicano**, um trabalho de 500 páginas sobre física e astronomia que, ao contrário das obras de Copernicus e Kepler, se dirigia, não apenas a especialistas, mas ao público geralmente educado.

Inicialmente, de Roma chegam-lhe notícias insinuando que, em breve, o trabalho teria autorização para ser publicado. Contudo, após leitura mais atenta, Niccolò Riccardi, o licenciador-mor do Vaticano, solicita a Galileo que reveja o Prefácio e a conclusão de modo a tornar o livro mais hipotético e menos absolutamente conclusivo.

Galileo aceita rever o seu trabalho e, em Fevereiro de 1632, o *Diálogo relativo aos Dois Principais Sistemas do Mundo* é finalmente publicado, tornando-se, de imediato, um enorme sucesso mediático.

Contudo, meros seis meses depois, os Jesuítas que se opunham a Galileo convencem o Papa que, não obstante o facto de a obra estar repleta de ciclos e epiciclos ptolomaicos, o livro não passava de um manifesto copernicano.

A publicação do *Diálogo* é então suspensa e é nomeada uma comissão especial para investigar o caso Galileo. Em poucos dias a comissão conclui haver matéria bastante para acusar Galileo de práticas heréticas e, a 15 de Setembro de 1632, o Papa Urbano VIII transfere o assunto para a Inquisição; oito dias depois, invocando a famosa e possivelmente falsa acta de 1616, a Congregação-Geral declara que Galileo havia violado uma ordem eclesiástica que o proibia de ensinar, promover ou escrever sobre a teoria de Copérnico.



Iniciam-se então os procedimentos inquisitoriais do Tribunal do Santo Ofício em Roma e, em 12 de Abril de 1633, tem início o julgamento de Galileo que viria a terminar em 22 de Junho de 1633.

Na manhã desse dia, de joelhos perante dez cardeais e vestindo a camisa branca de penitenciário, o septuagenário Galileo ouve a sentença que ferozmente o culpabiliza de hereticamente delinquir contra as sagradas

Escrituras.

Sob tremenda pressão psicológica e ameaçado de pavorosas torturas, de joelhos Galileo recita e assina a sua abjuração.

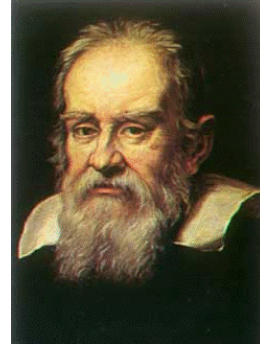
**“Eppur si muove!”** , terá sido o seu resignado lamento.

Após um curto período de detenção, em finais de 1633 Galileo é autorizado a residir na sua pequena casa de campo em Arcetri onde, apesar de uma crescente cegueira, escreve o que muitos consideram ser o seu mais importante trabalho - **Discursos e Demonstrações Matemáticas relativos a Duas Novas Ciências.**

Neste livro, que alguns amigos e discípulos conseguem escamotear de Itália para ser impresso em Leiden, Galileo, para além de abordar a estrutura da matéria, regressa à mecânica dos movimentos, determinando novas leis para os

deslocamentos de corpos e apresentando um trabalho genuinamente pioneiro em mecânica terrestre onde refina a sua análise da aceleração. Nesta nova **meccaniche**, Galileo, de novo, mas por uma última vez, passa a contradizer os ortodoxos postulados eclesiásticos já que, embora a nova noção de força de Galileo seja um desenvolvimento do *momentum* de Arquimedes, a nova mecânica vem alterar profundamente os pontos de alavanca, os equilíbrios perfeitos e as harmonias celestiais do Universo tal como até então eram entendidos pelo saber aristotélico.

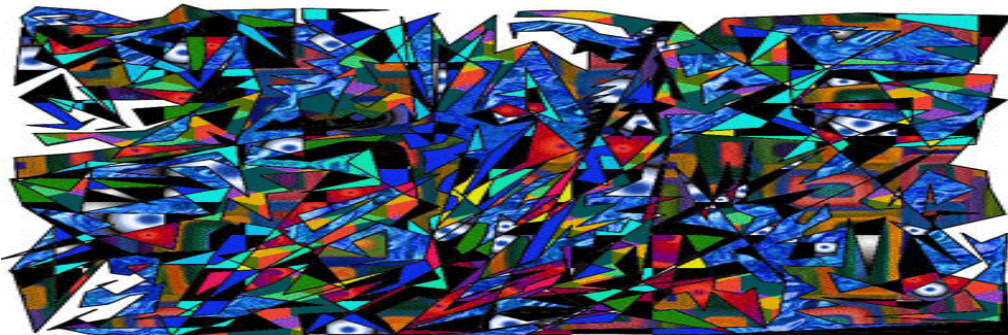
Ironicamente, a supressão do sistema copernicano pela autoritária Igreja Católica não parece tratar-se de um caso de ignorância científica mas, antes e apenas, de um mero expediente repressivo já que, pouco tempo depois do julgamento de Galileo, os jesuítas passaram a ensinar profusamente o sistema copernicano e todo o seu poder de previsão nas terras longínquas da China e Japão. Incidentalmente, recorde-se também que foi preciso esperar por 2001 para que a Igreja de João Paulo II se penitenciasse desse pecado.



À distancia, poderá dizer-se que, numa Europa em tempos de Contra-Reforma e Inquisição, e de cismas religiosos brutais para ambos os lados do conflito, Galileo não apenas sobrestimou a sua influência no regime mas, no limite, ele também não soube compreender os lobbies que permeavam a sua católica Igreja.

Seja como for, o que é historicamente indubitável é que, para além do seu novo experimentalismo, originalidade conceptual e consumada habilidade técnica, Galileo produziu um feito extraordinário ao nível do método científico já que foi o primeiro cientista a combinar, de forma sistemática, a física e matemática; duas ciências que até aí permaneciam largamente separadas e que, quando Galileo passa a combiná-las, dariam corpo à ciência experimental no sentido moderno do termo permitindo, não só a comparação entre acontecimentos similares, mas também a formulação de leis físicas gerais - uma brilhante conquista conceptual que viria a imprimir um enorme impulso ao novo empirismo científico que ia grassando pela Europa no século XVII.

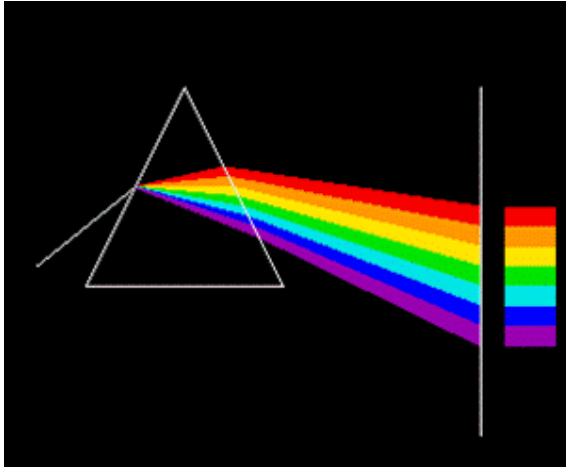
entretanto, na **Europa do século XVII**, tentemos situar-nos na confusão que por ali reinava.



À época, ainda se considerava que existiam duas ciências mecânicas: uma para aplicação em Terra, e outra de carácter celestial; e não havia sequer acordo quanto a definições sobre questões tão fundamentais como massa e peso, inércia e momento, força e energia, magnetismo e gravidade, tal como não o havia quanto à prevalência, ou não, das elipses planetárias heliocêntricas *versus* as esferas celestiais aristotélicas.



A **Isaac Newton** (1642-1727), que nasce no ano da morte de Galileu, estava assim destinada uma hercúlea tarefa: unificar todos estes elementos díspares numa nova teoria científica.



Aos 26 anos, **Newton** constrói o primeiro telescópio reflector e, ainda não tinha completado 30 anos, já ele havia estabelecido a estrutura básica das teorias que acabariam por revolucionar a ciência – em óptica, em gravidade, e mesmo em *calculus*.

Em 1687, depois de muita insistência e suporte financeiro de Edmond Halley, Isaac Newton publica *Philosophiæ naturalis Principia mathematica*, universalmente conhecido como

**Principia**. Neste tratado, Newton estabelece a *lei da gravitação universal* e descreve as suas famosas *três leis do movimento*. Ele demonstra que a órbita de um corpo movendo-se segundo uma lei do inverso do quadrado da distância é uma elipse: uma formulação que havia escapado a Kepler. Newton demonstra ainda como a força da gravidade poderia explicar a segunda e terceira leis de Kepler e, entre muitos outros tópicos, ele aborda vários tipos de forças de campo.

Unificar e integrar a aparente disparidade das forças concebidas por Kepler e Galileu terá sido o golpe de génio de Newton e, no livro terceiro de *Principia*, intitulado *O Sistema do Mundo*, residem as passagens cruciais em que ele estabelece a equivalência entre a força actuando sobre um corpo em queda livre e a força que actua sobre os planetas em órbita. Newton estabelecia assim a **força da gravidade** como um facto científico omnipresente e, de um golpe, unificava dois cruciais ramos da física - afinal, as *mecânicas terrestre e celestial seguiam as mesmas leis*.

Mas, quanto à natureza da gravitação, Newton permanecia perturbado com os mistérios de tal força. Não se sentia inclinado a admitir o vácuo celestial, e causava-lhe estranheza que uma força tão poderosa pudesse actuar a tão grandes distâncias sem recurso a um suporte – um *medium*.

E, no limite, perguntava-se Newton, se a gravitação tudo permeia então todos os corpos têm que se atrair, e esta era uma formulação sugerindo que o universo teria que entrar em colapso, inevitavelmente – a menos que, como pensava Newton, existisse um Deus que evitasse a catástrofe.

Persistiam assim alguns problemas por resolver na cosmologia newtoniana já que, não só seria necessária a presença de uma invisível e metafísica *substância-medium* que ligasse todas as coisas, mas também porque não se via razão óbvia para que os planetas orbitassem todos na mesma direcção, seguindo elipses tão precisas.

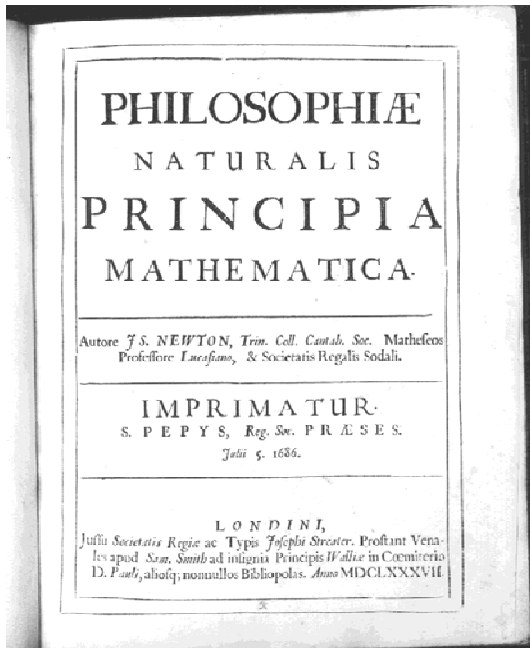
Todas estas nebulosas áreas de dúvida punham em risco o edifício teórico da gravitação mas, a Newton, ia-lhe valendo o facto de, na prática, as realidades objectivas e as assunções conceptuais do seu geométrico modelo se ajustarem de forma





cristalinamente coerente.

Recorde-se entretanto que, quer Kepler, quer Newton, haviam modelado as suas órbitas planetárias por via geométrica.



Em **Principia**, as demonstrações de Newton são essencialmente geométricas, incluindo os diagramas que abordam as *mudanças infinitesimais* de força e movimento. Note-se também que, já desde o início do século XVII, a estática e a dinâmica alimentavam o crescente interesse dos matemáticos em gerar uma grande variedade de curvas, em descobrir seus comprimentos e áreas integradas e em visualizar os volumes que tais curvas originavam ao rodarem, para além dos pontos de equilíbrio dos corpos *em movimento*.

Contudo, transitar de movimentos rectilíneos para movimentos em arco contínuo implicava ressuscitar alguns fantasmas tão remotos como os que Arquimedes já havia presenciado – o *infinito* e o *infinitesimal*, os *Scylla* e

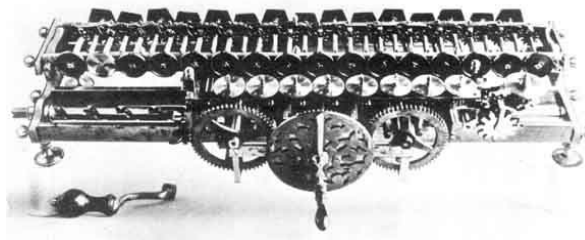
*Charybdis* das matemáticas gregas clássicas. E porque as elipses, elas próprias, não tinham existência física conhecida para além dos supostos arcos invisíveis que os planetas seguiam, as órbitas planetárias teriam que ser determinadas ponto a ponto – e isso exigia um intenso labor geométrico.

Seria pois muito útil se uma nova ferramenta matemática pudesse descrever os planetas *em movimento*.

### **Leibniz (1646-1716),**

nasceu em Leipzig, onde estudou teologia, leis, filosofia e matemática, mas, quando a Universidade de Leipzig se recusou a graduá-lo em leis dado ele ter apenas 20 anos, Leibniz foi para Nuremberg onde, apesar de convidado para leccionar direito, prefere enveredar pela carreira diplomática ao serviço dos Hanoverianos.

Aquando de uma das suas missões diplomáticas, **Leibniz** torna-se membro da *Royal Society* quando visita Londres em 1673 - uma capital aonde regressa em 1676 para apresentar mais uma versão do seu *computador mecânico*.



Por ocasião destas visitas, Leibniz não trava conhecimento directo com Newton, mas o que é facto é que, pouco depois das suas visitas a Londres, os dois matemáticos iniciam uma educada correspondência científica, trocando opiniões sobre *séries infinitas*.

E este é um facto importante para que se entenda uma acrimoniosa querela que entre eles se veio a travar posteriormente: Leibniz teve ou não a oportunidade de ler alguma versão não publicada de **De analysi** de Newton, ou pelo menos algum dos seus esboços?

Embora o seu **Calculus** também tivesse crescido a partir da análise de séries, tal como em Newton, Leibniz abordava a questão de uma maneira diferente, fascinando-se com limites e a possibilidade de somar séries infinitas. O seu conceito-chave era o diferencial **dx** como a variação infinitamente pequena do valor de **x** e, para uma função  $y = f(x)$  o gradiente era dado por  $dy/dx$ , e a quadratura por  $\int y dx$ .

Seguindo o seu profundo interesse pela lógica e estrutura das linguagens, **Leibniz**, que é normalmente referido como um dos últimos grandes universalistas, viria a desenvolver uma notação linguística para o **Calculus** que ainda hoje é utilizada; por exemplo, os termos *cálculo diferencial* e *cálculo integral* são seus, tal como as notações  $dy/dx$  e  $\int dx$ .

Os manuscritos de Leibniz sobre *Calculus* datam de 1675 e, após alguns aperfeiçoamentos, Leibniz fixa uma definitiva notação ao publicar os seus resultados em dois artigos no periódico **Acta eruditorum**, em 1684 e 1686. Nestes artigos, Leibniz explicita os teoremas de referência do *calculus*, e neles inclui o seu teorema fundamental: *diferenciar e integrar são processos inversos*.

Em termos gerais, e apesar de os métodos serem substancialmente diferentes, estes resultados de Leibniz (em 1684 e 1686) eram muito similares aos que, muitos anos depois, Newton viria a publicar, uns em *Principia* (1687) e a maior parte em *De analysi* (1711).

Saliente-se contudo que, na verdade, já em 1671 Newton havia escrito um texto no qual, ao abordar as variações de **x** e **y** em relação ao tempo, ele sugeria os conceitos de *fluxions* e *fluents*. Newton havia chegado a estes conceitos ao considerar uma linha como o *locus* de um ponto viajando no espaço mas, no seu esquema conceptual, o tempo seria como que um invisível cronómetro não sendo referido como uma *variável distinta*, um **t**.

Porém, importa também salientar que, ao contrário dos trabalhos de Leibniz, *Principia* é um tratado desprovido de técnicas de *calculus* e no qual Newton privilegia essencialmente a demonstração geométrica para atingir resultados gerais sem qualquer passagem de relevo por novos engenhos algébricos.

Infelizmente Newton guardava todas as suas notas para si e apenas uma pequena parte dos seus trabalhos circulava entre os seus assistentes; por exemplo, *De analysi* só viria a ser publicado em 1711, e uma descrição do método dos *fluxions* e *fluents*, em Inglês, aparece apenas em 1736.

Lamentavelmente, entre estes dois egos com o tamanho do mundo, e a propósito da precedência quanto à invenção do *Calculus*, viria a desencadear-se uma polémica que amargou os últimos anos de vida de ambos.

Note-se que, em grande parte, a sistemática recusa de Newton em publicar os seus trabalhos se ficou a dever à aversão que ele nutria por controvérsias e disputas mediáticas, como a que havia ocorrido entre ele e Robert Hooke igualmente a propósito de precedências de invenção, no caso sobre alguns tópicos de óptica, o que levou Newton a adiar a publicação de **Optiks** até que Hooke falecesse. Ainda a propósito desta aversão em publicar, conta-se também que Newton se agonizava perante a hipótese de os seus escritos serem expostos

a quem não os podia perceber. E tudo indica que se não fosse a pressão de Halley, **Principia** talvez nunca tivesse sido publicado.

Ambos acabariam por conseguir domar seus egos e finalmente manifestar o seu mútuo reconhecimento. Em 1701, numa carta à Rainha da Prússia, Leibniz refere que *se olharmos para as matemáticas desde o princípio do mundo até Sir Isaac, o que ele fez foi a melhor metade*, ao passo que, numa carta que escreve a Leibniz em 1676, Newton diz que o método de Leibniz para obter séries convergentes é *certamente muito elegante, e que teria sido suficiente para reconhecer o génio do seu autor, mesmo que ele não escrevesse mais nada*.

Querelas à parte, e independentemente de precedências de invenção e datas de publicação, o que é realmente importante é que, quer Leibniz, quer Newton, acabaram por dar ao *calculus* as sólidas bases que permitiriam melhor perceber os *infinitos e infinitésimos* do universo.

Entretanto, em termos astronómicos, o **século XVIII na Europa** caracterizava-se pelo rápido crescimento de observatórios astronómicos patrocinados por estados, universidades e grupos religiosos.

Na prática, estas redes científicas eram investimentos que rendiam valiosos frutos para as navegações, para a cartografia de países e impérios, e mesmo até para as teologias de alguns financiadores. Por outro lado, a nível teórico, e graças aos firmes alicerces estabelecidos por Newton, a astronomia colocava-se em posição privilegiada para captar os rápidos avanços que se iam registando na matemática.

**Leonhard Euler (1707-83)**, foi um dos cientistas que mais contribui para o desenvolvimento da matemática, pura e aplicada, oferecendo à astronomia alguns dos seus mais úteis procedimentos matemáticos, entre os quais, a teoria dos *erros instrumentais* e os métodos de determinação do *paralaxe solar*.



À época, Euler e outros colegas haviam concluído que o problema do *perigeu lunar* não se ajustava correctamente à teoria gravitacional de Newton; referiam por exemplo as tentativas de Clairaut e d' Alembert que, ao aplicarem os princípios de Newton, derivavam um valor que não batia certo com as tabelas de observações. Mais tarde contudo, por volta de 1749, Clairaut acaba por encontrar um erro no método de aproximação que até aí todos haviam usado.

Euler, que à primeira não havia concordado com o resultado, dedica-se intensamente a esta anomalia no movimento da Lua e, em 1703, compõe **Theoria motus lunae exhibens omnes eius inequalities** (*Teoria do Movimento da Lua mostrando todas as suas desigualdades*). É neste tratado que Euler faz uso de um novo método de aproximação ao *problema dos três corpos* (no caso o sistema Sol - Terra - Lua), estabelecendo um *método da variação dos elementos* que viria a revelar-se seminal na física astronómica.

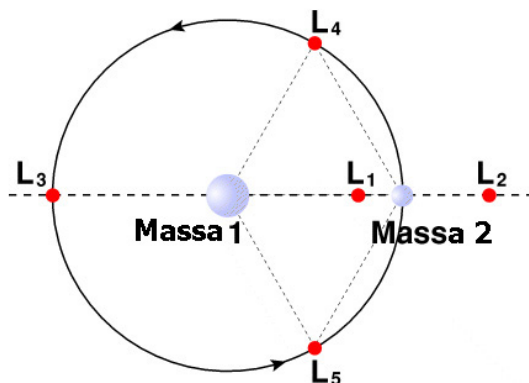
Porém, uma outra anomalia do movimento lunar persistia como um dos mais intricados problemas da astronomia matemática no século XVIII, e que residia no facto de, ao longo de períodos razoavelmente longos, o movimento da Lua não se mostrar constante, parecendo acelerar – uma questão que havia sido detectada por **Edmond Halley**, por volta de 1693, quando ele comparava os antigos registos de eclipses com as modernas tabelas para os mesmos eclipses. Na altura, Halley pesquisava a babilónica história do *ciclo saros*.

Em 1749, Dunthorne faz reviver o assunto adicionando dados que confirmam as suspeitas de Halley – a aceleração lunar era extremamente pequena, mas estava lá, nos registos. Muito embora tais diferenças pudessem, em certa medida, resultar do refinamento progressivo da precisão dos instrumentos de observação, a questão fundamental permanecia: *qual seria a causa física dessa aceleração lunar?*

A Academia de Paris estava interessada em saber e em 1770 estipula um prémio para quem resolvesse o problema.

Euler ganha o prémio, mas a sua argumentação desenvolvia-se num sentido muito geral, insinuando que as acelerações lunares não poderiam ser explicadas pelas forças gravitacionais de Newton. A sua tese sugeria insuficiências críticas ao nível da física newtoniana e, para a Academia de Paris, esse era um *novo problema* para uma *nova física*. E, de novo, esta era também uma oportunidade para a Academia patrocinar a ciência, pelo que ofereceu um segundo prémio para a melhor abordagem da questão.

Mais uma vez, o prémio é ganho por Euler, em conjunto com **Lagrange** (1736-1813) que era um brilhante e original matemático. Em termos gerais, a argumentação de ambos desenvolvia-se agora em termos de perturbações interplanetárias, e novas teorias sobre o movimento da Lua eram sugeridas à Academia.



Mas, o facto é que, muitos outros prémios depois, a aceleração da Lua continuava envolta em mistério, e o próprio Lagrange acabou por se faltar do problema que lhe desviava a atenção de outras coisas maiores. Lagrange prefere então focar-se em outras áreas e acaba por desenvolver muitas outras valiosas contribuições para a teoria planetária, e para a NASA que em 2001 lançou uma nave pesquisando o cenário de quase nula atracção gravitacional entre o Sol e a Terra – o ponto lagrangiano 1.

Quando Lagrange morre em 1813, é Pierre Simon Laplace (1749-1827) quem profere a oração fúnebre no Panteão, em Paris. Por essa altura também, **Laplace**



pensava ter finalmente resolvido o problema da misteriosa aceleração no movimento da Lua.

Ao abordar a questão, Laplace começa por ignorar o principal argumento dos cépticos que sugeriam a possibilidade de os registos históricos não serem fiáveis. E o mesmo faz ele à hipótese de Euler que sugeria que a coisa resultaria de um atraso rotacional da Terra causado por ventos e fluidos etéreos. *Mas então, porque não aconteceria o mesmo aos outros planetas?* perguntava-se, e bem, Laplace.

Laplace tenta então modificar a lei da gravitação de Newton.

Normalmente, quando se falava na força de atracção gravitacional que um corpo exercia sobre outro, pensava-se em termos de acção instantânea. Mas, e se *afinal a acção levasse um tempo finito a exercer-se?* Laplace sugere que aí poderia estar a razão da aceleração secular da Lua mas, e continuava ele, *só se a força de atracção se deslocasse mais rápido que a luz; e mais rápido por um factor de 8 milhões de vezes.*

Contudo, para Laplace, esta hipótese também não era concluída por qualquer outra análise independente e, em 1787, ele passa a propor um desenvolvimento teórico aparentemente mais razoável.

Tendo descoberto que a própria órbita da Terra também variava – de facto a excentricidade da elipse orbital diminuía – Laplace liga esta observação a uma outra: o período do mês, na Terra, ia gradualmente encurtando. E suplementa a sua proposta com estudos relativos a outras órbitas, no caso a dos satélites (luas) de Júpiter. Nesse novo desenvolvimento teórico, Laplace formula uma relação entre a forma da Terra e algumas irregularidades no movimento da Lua, introduz o efeito Terra na teoria das marés, e explica certas flutuações nas velocidades orbitais de Júpiter e Saturno com base nas interacções à distancia. Laplace calcula então uma expressão teórica para a aceleração secular da Lua que continua hoje muito próxima das melhores evidências históricas – 10.1816”.

Incidentalmente, ao ler estes trabalhos de Laplace, Lagrange regressa aos seus cálculos de 1783 e descobre onde havia cometido um erro. Corrige-o, e quando recalcula o problema, Lagrange chega quase exactamente aos mesmos resultados.

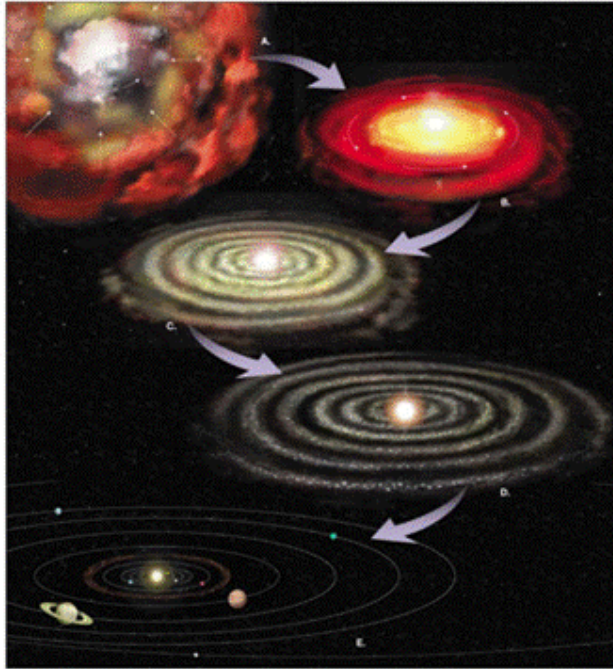
Todavia, outras dúvidas perturbam Laplace: *seria o sistema solar estável? Será que o sistema poderia continuar perpetuamente sem que Deus desse uma ajuda? Será que afinal, Deus não seria um Relojoeiro Perfeito, e que tudo necessitaria de outros ocasionais empurrõezitos do Divino? Senão, como se explicariam então algumas aparentes anomalias e perturbações no viajar dos astros?*

Intrigado, Laplace vai recorrendo a *lagrangianas* e tenta estabelecer a matriz de variação dos seis conhecidos elementos que afectavam a órbita de um planeta.

Em 1773, Laplace sentia-se capaz de demonstrar que, afinal, e mesmo que se considerassem milénios de exposição, a interacção entre planetas não produzia relevantes perturbações nas suas distâncias médias ao Sol. Na verdade, os operadores de Laplace, bem como todos os seus posteriores teoremas relacionando distâncias, excentricidades e ângulos de planos orbitais, apontavam numa única direcção: *o sistema solar era altamente estável.*

Em 1796, em *Exposição do sistema do mundo*, Laplace apresenta então a famosa **hipótese nebular**. Nesta hipótese, Laplace sugeria que o sistema solar teria sido originado a partir da contracção e arrefecimento de uma enorme e achatada nebula de gás incandescente, e chega mesmo a propor a existência de um plano em volta do qual todo o sistema solar oscilaria; um conceito que veio a ser refinado posteriormente, e que testemunha a grandeza presciente dos sucessores de Newton - sobretudo ao nível da novíssima **dinâmica astronómica**.

*Exposição do sistema do mundo*, por Laplace, era uma introdução não-matemática ao seu mais importante trabalho, **Tratado de Mecânica Celeste**, cujo primeiro volume aparece três anos depois. Este primeiro volume, cuja base matemática são as equações diferenciais, estava dividido em dois livros; o primeiro, abordava as leis gerais de equilíbrio e movimento de sólidos e fluidos, e o segundo livro centrava-se na lei da gravitação universal e nos movimentos dos centros de gravidade dos corpos no sistema solar. No segundo volume do *Tratado de Mecânica Celeste*, Laplace trata de mecânica aplicada aos planetas, e nele inclui estudos sobre a forma da Terra, e a teoria das marés – e é neste volume que Laplace demonstra a sua famosa equação para a aceleração lunar.



Bastante mais tarde, em 1821, é publicada a primeira edição de *Teoria Analítica das Probabilidades*, em dois livros, onde Laplace define o seu conceito de probabilidade e apresenta a regra de Bayes, para além de dar início ao cálculo de probabilidades em acontecimentos conjugados. É ainda neste livro que Laplace propõe um método envolvendo os mínimos-quadrados. Estes eram métodos probabilísticos que Laplace aplicava sobretudo à mortalidade e esperança de vida, mas as edições posteriores continham já suplementos com aplicações de cálculo probabilístico a erros em observações, determinação de massas planetárias, triangulações e a problemas de geodesia, incluindo a determinação do meridiano de França.



Entretanto, a relativa *vulgarização* de novos e potentes telescópios começa a permitir que, para além de académicos e cientistas profissionais, alguns cidadãos mais comuns se iniciem na observação astronómica.

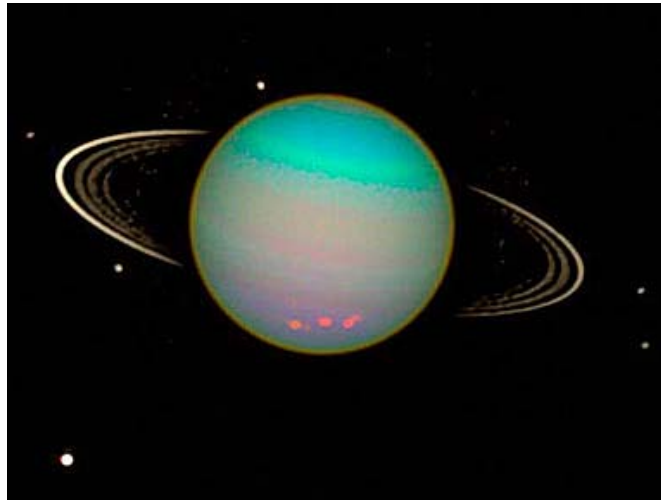
**William Herschel (1738-1822)**, um astrónomo amador, decide dedicar-se ao estudo das nebulas e estrelas mais distantes com o objectivo de identificar o

plano da sua distribuição no seu Universo visível.

Por volta de 1779, **Herschel** já havia visionado as estrelas até à quarta magnitude e, quando se preparava para uma segunda campanha, a 13 Março de 1781 *por acaso* descobre um objecto que ele sabia não poder ser uma estrela. Supôs primeiro que se tratasse de um cometa, mas o cálculo da sua órbita revelava-se difícil e vai pedindo ajuda a astrónomos mais estabelecidos, até que **Lexell**, o *Astrónomo Imperial de São Petersburgo*, finalmente determina os elementos da órbita deste desconhecido corpo celeste e conclui que Herschel havia descoberto um novo planeta – **Uranus**.

Herschel, agora famoso, prossegue os seus estudos e observações astrais e, a par de muitos outros notáveis astrónomos, dispõe-se a enfrentar as dificuldades da medição do cosmos com a questão: *será o Universo finito ou infinito?*

O mundo científico tornava-se cada vez mais trepidante, e toda essa comunidade parecia excitada com a ideia de novas estrelas, novas nebulas, e sobretudo com a possibilidade de descoberta de novos planetas vizinhos.



A descoberta de *Uranus* havia de algum modo confirmado a lei de *Titius-Bode* para as distâncias planetárias e, embora tal lei fosse muitas vezes considerada como sem apropriada justificação, o facto é que ela havia permitido prever um raio orbital que estava de acordo com o raio observado para *Uranus*. E isto veio a reforçar a suposição de que um planeta existiria entre Marte e Júpiter, correspondendo ao valor  $n=3$  para tal lei.

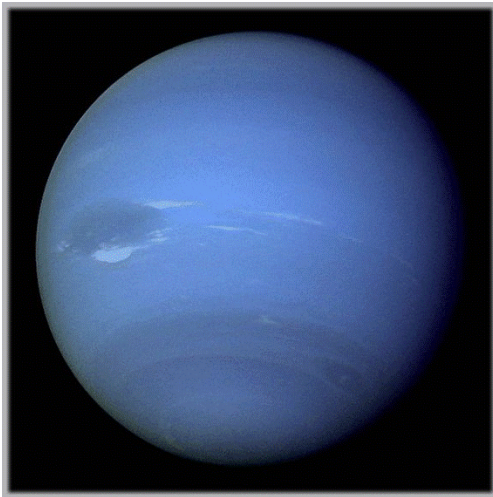
Quando *Piazzi* descobre de facto um corpo nesta órbita, a comunidade científica surpreende-se contudo com a sua pequena dimensão – e com razão já que o objecto era o asteróide *Ceres* com um diâmetro de apenas 913 km.

Mas várias outras surpresas vão acontecendo à medida que os astrónomos, entre os quais **Gauss**, vão descobrindo mais e mais asteróides povoando tais órbitas; em  $n=3$ , posicionava-se afinal uma cintura de múltiplos asteróides (entre Marte e Júpiter) e, ao desenvolver a sua análise, Gauss acaba por estabelecer uma importante lei ainda hoje utilizada sempre que se pretende combinar uma teoria pura com as medidas de uma observação – a *lei dos mínimos quadrados*.

Porém, *Uranus*, o novo planeta, ia mostrando estranhos comportamentos orbitais e várias hipóteses se perfilavam: *teria sido Uranus atingido por um cometa após a sua descoberta? Ou existiria mesmo o tal fluido newtoniano, o tal éter interplanetário que causava fricção ao movimento dos planetas? Ou seria que a lei da gravitação de Newton não seria afinal aplicável às grandes distâncias? Ou haveria um outro planeta, ainda invisível, que perturbaria a órbita de Uranus?*

Passou-se algum tempo até que **John Couch Adams** (1819-1920) previsse, não só a existência matemática de um novo planeta – **Neptuno** – como ainda viesse a demonstrar duas coisas: primeiro, que a teoria de Laplace não englobava todos os devidos efeitos gravitacionais; segundo, que Laplace havia laborado num erro em relação à famosa e secular aceleração da Lua.

Especulando sobre um cálculo matemático insinuado pela análise orbital de *Uranus*, Adams e outros astrónomos prevêem então a existência de um novo planeta, e decidem-se a caçá-lo!



Durante este safari astronómico, e após aturados cálculos, em 18 Setembro de 1846 **Jean Joseph Leverrier** (1811-1877) pede a **J. G. Galle** no Observatório de Berlim que com ele colabore na pesquisa de uma certa área dos céus. Cinco dias depois, a 23 de Setembro de 1846, o planeta **Neptuno** era descoberto, e apenas com o erro de um grau relativamente à localização prevista.

Entre outras coisas, esta descoberta mostrava que um físico poderia não dispor de grandes e dispendiosos telescópios, mas que as matemáticas, essas estariam sempre à sua disposição.

E talvez por isso mesmo seja intrigante recordar que, muitos anos mais tarde, já em **1930**, a descoberta do novíssimo planeta **Plutão**, não resultou de um cálculo orbital, mas antes de uma combinação de sorte e persistente observação.

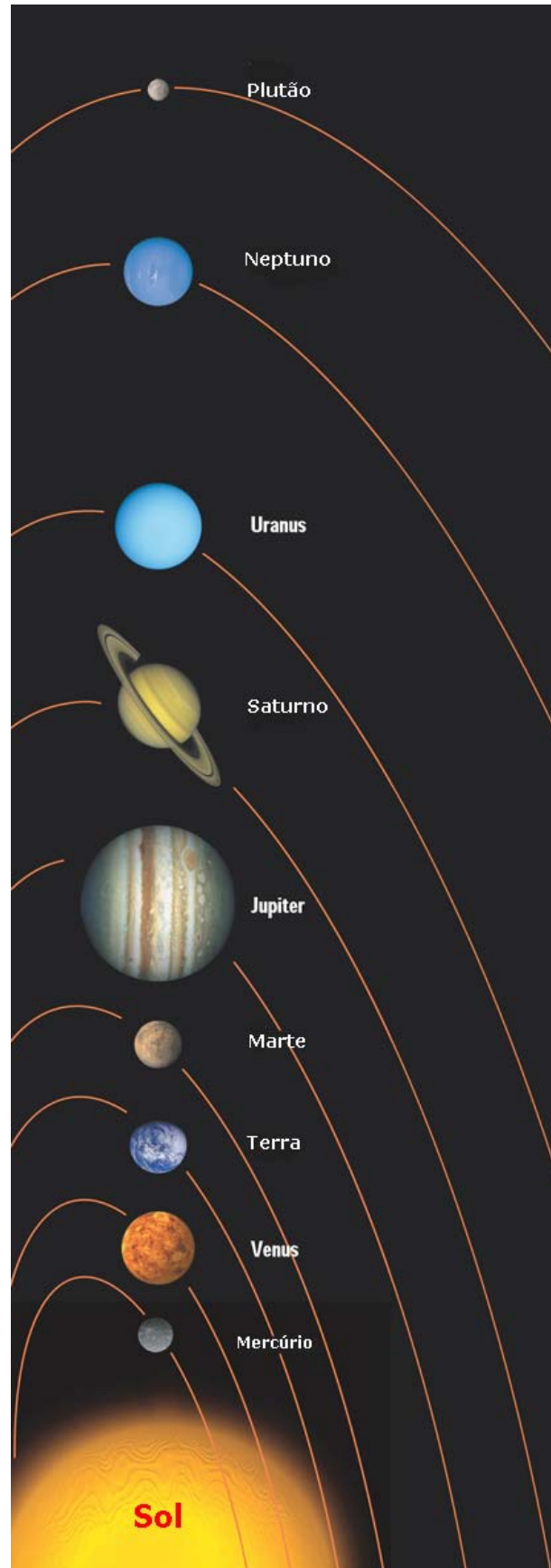
**Percival Lowell** (1855-1916) era um rico astrónomo amador que nos USA havia conquistado muita publicidade através de observações algo fantasiosas de Marte. Lowell comungava a ideia de que os planetas se teriam formado a partir de material ejetado do Sol aquando de uma quasi-colisão com uma outra estrela, e que após a formação de um planeta, o seguinte seria formado num local cuja órbita teria uma simples relação com a do planeta anterior – cinco para dois, no caso de Saturno e Júpiter, três para um no caso de Uranus e Saturno, e dois para um no caso de Neptuno e Uranus.

Seguindo esta lógica simples, Lowell perguntava-se: *porque não existiria então um novo planeta para além de Neptuno, numa órbita também ela obedecendo a uma relação simples desse tipo?*

Lowell tentou e tentou, mas os seus predicados matemáticos e astronómicos não lhe permitiam ir muito mais além. Todavia, no caríssimo observatório que Lowell havia mandado construir em Flagstaff, Arizona, a caçada ao misterioso planeta prosseguiu, mesmo após a sua morte.

Dotado de um novo telescópio, e agora dispondo do recurso à **fotografia** que permitia uma análise mais serena e exaustiva, em 1930 **Clyde William Tombaugh** descobre finalmente o novo planeta **Plutão**. Curiosamente, e como veio a provar-se posteriormente, a descoberta havia sido matematicamente accidental porque, de facto, a massa de Plutão é tão pequena que é praticamente insusceptível de induzir perturbações orbitais nos gigantes Neptuno e Uranus.





## o Eclipse na Beira

Por mais brilhantes e prolíficos que tivessem sido os desenvolvimentos astronómicos anteriores, o facto é que há 200 anos que a física interpretava os movimentos no Universo segundo as leis de Newton e, como um dia disse **Richard Feynman**,

*a primeira vez que se descobriu um erro nestas leis, a maneira de o corrigir também foi logo descoberta.*

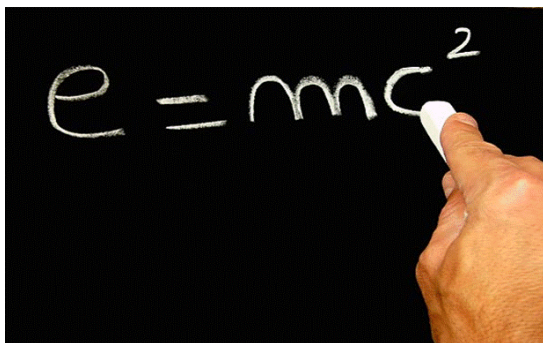
Tanto o erro, como a sua correcção, foram descobertos por **Albert Einstein** em **1905**, quando ele propõe a sua **Teoria Especial da Relatividade**.

Recorde-se que o princípio da relatividade havia sido originalmente estabelecido por Newton num dos seus corolários às leis do movimento e, no essencial, esse era um princípio que se aplicava sobretudo em mecânica.

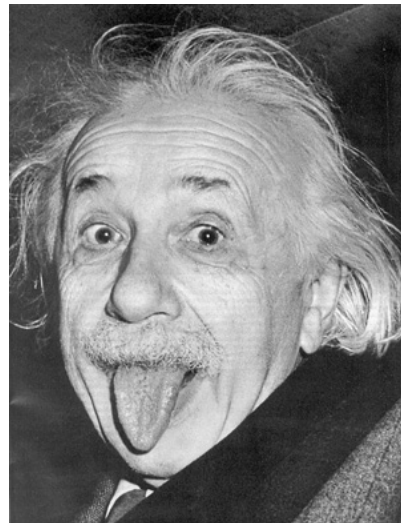
A partir de meados do século XIX, o princípio passa a ser intensamente utilizado ao nível da electricidade, magnetismo e óptica, e uma longa série de trabalhos de vários cientistas viria a ser brilhantemente sintetizada nas equações de **Maxwell** para o electromagnetismo - equações que descrevem electricidade, magnetismo e luz segundo um sistema uniforme e unificado.

Contudo, estas equações pareciam não estar conformes ao clássico princípio da relatividade newtoniana e pensou-se que algo estaria errado nas equações electrodinâmicas de Maxwell. Até que **Lorentz** nota um curioso resultado quando recorre a algumas substituições ( $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$ ,  $t'$ ) nessas equações - surpreendentemente, o sistema unificado de Maxwell tornava-se consistente quando a *transformada de Lorentz* era aplicada.

Seguindo uma sugestão de **Henri Poincaré**, Albert Einstein propõe então que, como princípio, *todas as leis da física deveriam permanecer inalteradas sob a transformada de Lorentz*; ou seja, fosse qual fosse o sistema de referência, as leis da física deveriam conservar a sua forma.



massa ( $m$ ) e energia ( $E$ ) são uma mesma coisa e  **$E=mc^2$**



Einstein propõe então que se altere, não as leis da nova electrodinâmica, mas as leis da velha mecânica e, no caso da segunda lei de Newton, isso implicava admitir que a massa de um corpo não seria afinal constante - ela dependeria da sua velocidade. Einstein adopta então uma *transformada lorentziana* para a massa de um corpo e, em 1907, concluía uma revolucionária simplicidade:

Mas como sugere um seu biógrafo, é curioso notar que os seus quatro primeiros trabalhos, publicados entre 1901 e 1904, não faziam prever a explosiva criatividade de **1905** - o *annus mirabilis* de Albert Einstein.

Repare-se na dinâmica: em Março de 1905, Einstein aborda os *quanta* de luz e estabelece o efeito fotoelétrico, um trabalho que mais tarde lhe proporcionaria o prémio Nobel; em Abril 1905, na sua tese para PhD em Zurique, Einstein aborda as dimensões moleculares; em Maio 1905, publica a Teoria da Relatividade Estrita (especial) e, em Setembro 1905, num desenvolvimento do trabalho anterior, Einstein demonstra que a massa de um corpo se relaciona com a energia radiante que ele emite. Dezoito meses depois, Einstein estabelece a relação  **$E=mc^2$** .

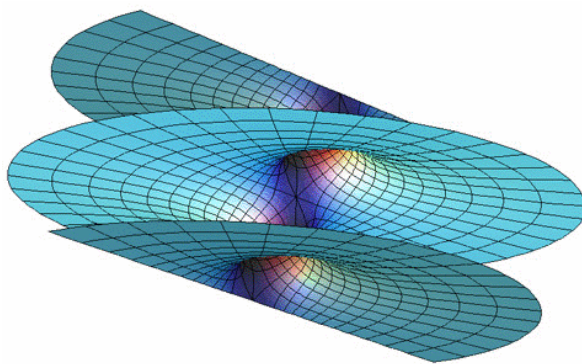
Mas não foi esta equação  **$E=mc^2$** , ou mesmo os outros geniais trabalhos de 1905, que viriam a catapultar Einstein para a fama.

O que Einstein havia estabelecido em termos de relatividade especial (estrita), apenas cobria casos de diferentes sistemas que se moviam com velocidades relativas constantes, e a sua equação aplicava-se certamente a tais casos - *mas será que a equação permaneceria verdadeira se fossem excluídas essas restrições?*

Entre outras, essa era uma questão que o deixava intranquilo, e em 1907 Einstein tem o primeiro lampejo de uma **solução mais geral**.

Estava ele sentado no seu gabinete do serviço de patentes, quando a ideia lhe ocorre: *porque não reflectir sobre a própria natureza do espaço, seus tecidos e geometrias? Como é que o espaço seria afectado pela massa ou energia dos objectos que o povoam?*

As suas investigações levaram alguns anos, em parte porque, segundo contam, embora Einstein fosse único em termos de física, em matemática ele era apenas muito bom. Por sorte, para assisti-lo em matemática, Einstein contava com o seu amigo Marcel Grossman que exaustivamente lhe cobria os mais recentes



desenvolvimentos da matemática - incluindo o *cálculo tensorial* e uma *nova geometria não-euclidiana* que **Bernhard Riemann** (1826-1866), János Bolyai (1802-60) e Nikolai Lobachevski (1739-1856) haviam começado a teorizar no século anterior. Uma geometria que, em vez de apenas três, permitia um qualquer número de dimensões, e na qual Riemann, em 1854, havia introduzido o conceito de

“*dimensões mais altas*” – um conceito que lhe permitia sugerir que as leis da física se tornavam mais simples quando expressas nessas novas dimensões.

Mas, em termos práticos, o que seriam essas *dimensões mais altas*?

Como oportunamente me recordou o mandarim, todos nós estamos familiarizados com as tradicionais três dimensões – comprimento, largura, profundidade; estas são dimensões espaciais que nos permitem descrever qualquer objecto e sua posição num espaço tridimensional. E, embora para nós seja matematicamente possível conceber tantas dimensões espaciais quantas se queiram, o facto é que,

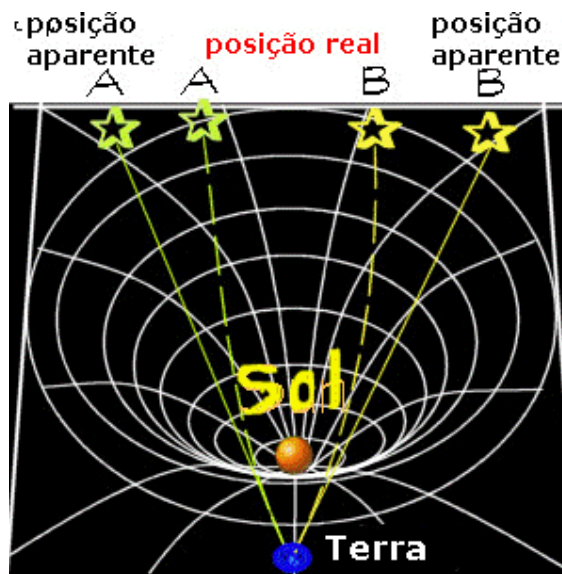
normalmente, não conseguimos visualizar espaços com mais de três dimensões.

Porém, conceptualmente liberto destas restritivas normalidades, Einstein imagina então **o tempo** como uma quarta dimensão – um *tempo* que sendo uma referência *não-espacial*, não descrevia o *onde* no espaço, mas o *quando* num sistema *espaço-tempo*. E, segundo este novo conceito, a posição de um qualquer objecto teria agora que ser descrita através de *quatro dimensões*, incluindo a do tempo.

A partir daí, Einstein desenvolve então uma plataforma teórica centrada em torno do seu genial lampejo de 1907: *quanto mais massa ou energia houver em qualquer lugar, mais o espaço e o tempo serão deformados em volta dele*.

A **Teoria Geral da Relatividade** que Einstein propõe em 1915/6 passou então a investigar o modo como as leis da física se alteravam quando *os sistemas de referência se moviam relativamente uns aos outros* e, segundo a perspectiva da sua teoria geral da relatividade, Einstein estabelecia que **o espaço-tempo deveria ser curvo** - concluía mesmo as condições em que a matéria influenciaria a curvatura do *espaço-tempo*. Einstein sugere também que, sob o efeito da gravidade, o movimento livre das partículas neste *espaço-tempo curvo* se faria segundo *geodésicas* – o caminho mais curto entre dois pontos nesse novo sistema. Incluindo os movimentos da luz.

Contudo, era fundamental comprovar cientificamente a ideia, mas, a Terra, o maior objecto assim à mão, não dispunha de massa e energia suficientes para induzir curvaturas no tecido do *espaço-tempo*. Einstein necessitava de maiores massas, e sugere então que um **eclipse total do Sol** deveria permitir aos observadores comprovar se a luz das estrelas era ou não afectada pela gravidade do Sol. *Como se curvaria aí o espaço-tempo* ? Ele calcula então o desvio teórico que a trajectória da luz vinda do *cluster* Hyades deveria sofrer por influência do campo gravitacional do Sol - e prognostica 1.72".



Desbaratada que foi a oportunidade de um eclipse do Sol em 1914 devido à Primeira Guerra Mundial (1914-18), o eclipse solar mais próximo estava previsto para 29 Maio de 1919, e é Arthur Eddington quem toma a liderança científica e logística de uma expedição à **Ilha de Príncipe** (S.Tomé e Príncipe).

Embora a campanha haja sido perturbada por copiosas chuvas e carregadas nuvens, Eddington convence-se que bateu duas ou três boas chapas fotográficas e envia-as por barco para serem reveladas em Inglaterra.

Quando em Setembro, um Einstein inquieto com a falta de notícias procura saber o que se passa, uma tristeza o invade: com a humidade e os fungos, a emulsão das películas havia-se tornado tão gelatinosa que os resultados não poderiam ser invocados para justificar o detalhe e precisão que Einstein buscava – *centésimos de arco-segundo*.



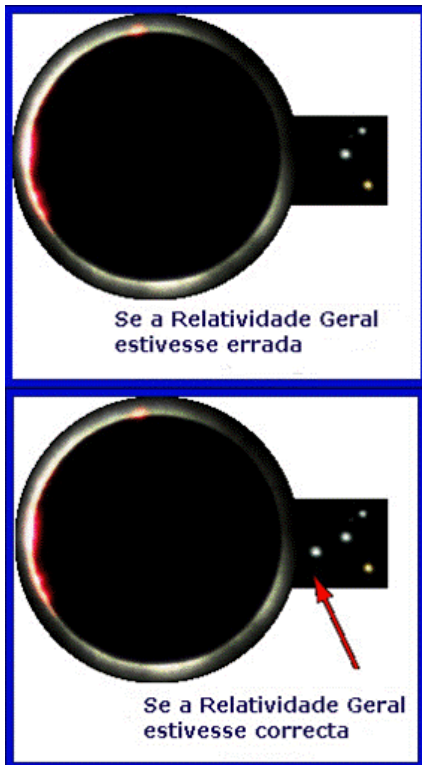
Afortunadamente, já então o Império Britânico insistia em prudentes tradições, e uma delas seria que, em qualquer expedição, alguma coisa acabava sempre por correr mal; e terá sido essa uma das razões pelas quais Eddington enviou também uma segunda expedição a **Sobral**, no interior do Ceará (Brasil).

Para este grupo de Sobral, que ia munido de um telescópio dotado de uma base mecânica mais moderna, os objectivos da expedição permaneciam os mesmos – confirmar as previsões de Einstein quanto à *curvatura do espaço-tempo*.



Após o eclipse total do Sol, que em Sobral decorreu sem nuvens, logo que as chapas fotográficas foram reveladas, as mensagens de euforia começaram a circular. Bertrand Russel recebe de um seu colega a seguinte mensagem: "A teoria de Einstein foi completamente confirmada. O deslocamento previsto foi  $1''.72$  e o observado foi  $1''.75 \pm .06$ ".

E, no seu relatório à Royal Society of Astronomy, Eddington oficialmente "confirmava a esquisita teoria de Einstein de espaços não - euclidianos."



As celebrações foram em grande estilo, e a perplexidade que se seguiu também, sobretudo quando os *media* começaram a propalar que apenas uma dúzia de sábios poderia perceber o que tudo aquilo significava. Porém, de um eclipse para outro, Einstein tornava-se o profeta da nova ciência.

A Teoria Geral da Relatividade permitia também explicar velhos mistérios da astronomia, como por exemplo, a peculiaridade do periélio de Mercúrio e o *redshift* gravitacional. Mas esta era sobretudo uma nova teoria que assumia particular importância ao nível das grandes massas de estrelas e galáxias, e das suas distâncias relativas - uma escala onde as forças newtonianas haviam enfrentado notórios problemas.

Einstein considera então ser crucial a necessidade de se conhecer a *geometria do espaço-tempo* e admite que isso requereria um conhecimento de todo o sistema material – do Universo afinal porque, para ele, uma velha questão permanecia:  
*que pretenderia Deus quanto ao Universo?*

Como segundo Einstein, *Deus não jogaria aos dados*, sobretudo no momento da criação do mundo, ele passa a concentrar-se na pesquisa de uma **teoria unificada do campo** que incorporasse numa nova geometria universal não só a gravitação e o electromagnetismo, mas qualquer outras das forças que regulasse a matéria.

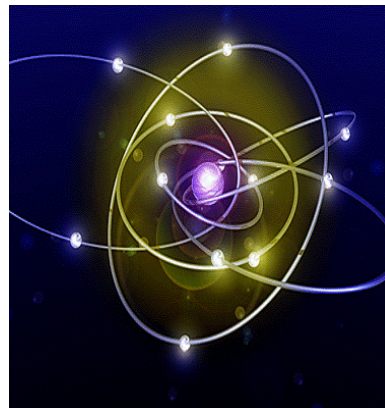
Entretanto, apesar de cruzado por sucessivos azares, em 1924 Einstein publica três trabalhos sobre **mecânica quântica**, onde inclui a descoberta da chamada *condensação Bose-Einstein*, um novo estado da matéria que só viria a ser confirmado em laboratório em 1995. E, segundo contavam até há tempos, esta teria sido a sua última seminal contribuição para a física teórica.

Até ao fim da sua vida, a unificação da física haveria de transformar-se na sua maior preocupação, e Einstein tentou várias aproximações sem que contudo alguma delas funcionasse. Sucessivamente atingido por doenças graves, e circunstancialmente investido de enormes esforços políticos na promoção da paz, Einstein não voltaria a atingir os seus padrões de epistemologia científica.

Entretanto, nos interstícios dos *infinitos e infinitésimos*, em 1925 a **mecânica quântica** mostrava cada vez mais vigor criativo mas, apesar de Einstein ter sido um dos seus celebrados iniciadores, esta era uma teoria que viria a provocar-lhe fundamentais desconfortos.

A evolução da teoria quântica merecia-lhe progressivos silêncios e distâncias, e Einstein perturbava-se com o modo como os novos teóricos quânticos manipulavam o conceito de probabilidade nas suas **mecânicas estatísticas**.

Num celeberrimo debate com **Niels Bohr**, que começou na conferência de Solvay em 1927, e na presença da mais refinada plateia (Planck, Broglie, Heisenberg, Schrodinger, Dirac), Einstein distancia-se deliberadamente do diálogo. Note-se que Einstein havia declinado apresentar um trabalho à conferência e nela o seu modo de estar foi assim descrito: "... *pouco disse para além de uma simples objecção a uma interpretação da probabilidade ... depois, quedou-se em silêncio.*"



Naturalmente, um debate mais explícito e substancial prosseguiu durante anos, entre Einstein e Bohr, embora acordo fosse coisa a que nunca tivessem chegado.

Mas a ciência reservava à mecânica quântica a oportunidade de um novo salto epistemológico e, sempre que se falava do assunto, o mandarim não se abstinha em citar Jack Klaff a propósito de deipnosofia - a arte de se fazer notado em jantares e cocktails.

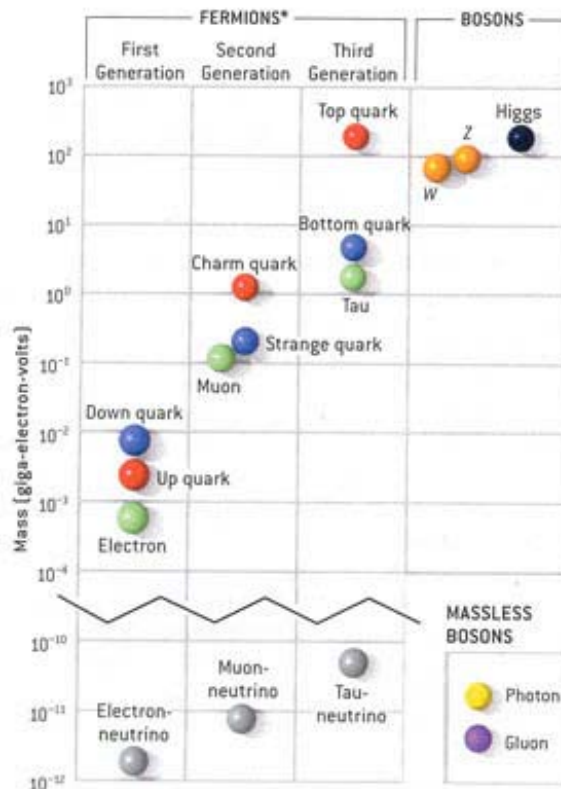
Como refere Jack Klaff, um notável diletante, quer se aborde o *infinitamente grande universo* ou o *infinitamente pequeno mundo das partículas de luz e matéria*, apenas dois factos podem ser estabelecidos com meridiana clareza: facto #1: ninguém conhece bem o oceano quântico profundo e, facto #2: dos mais honestos aos mais brilhantes, todos os físicos partilham um acordo: *a natureza e o universo são surpreendentes, podem parecer absurdos, e são normalmente desconcertantes para o melhor dos cientistas.*

E para quem lamente a sua própria incompreensão quanto ao assunto, Jack Klaff sugere que não será má ideia evitar incontinências verbais, sobretudo em jantares impressionistas - tal como aliás o fazia Niels Bohr, e com rotunda frequência. Klaff conta até que, entre jantares, Niels Bohr dedicava-se intensamente a calibrar cada palavra, e que, normalmente, ele entremeava longuíssimos 30 minutos entre **um ... e ... mas**, já que, segundo Bohr, *de algum modo estamos suspensos em linguagens*.

O termo **quantum** foi cunhado por Max Planck em 1900 e, para ele, o *quantum* representava um *pacote de energia*. Note-se que o termo poderá parecer estranho, particularmente se nos lembrarmos que, em latim, *quantum* significa *quanto* ou *quão grande*, e que, no caso da teoria quântica, o vocábulo é suposto aplicar-se ao infinitamente pequeno.

Curiosamente, e tal como Copernicus 500 anos antes, **Max Planck** em 1900 havia deparado com um problema físico e, ao resolvê-lo, acabou por despoletar um milhão de outros que ele sempre tentou evitar. E um dos mais críticos problemas a enfrentar era a chamada *Catástrofe Ultravioleta*, fenómeno que resultava da radiação de um enigmático **corpo negro**.

Para a física desses tempos, constatar se os conceitos funcionavam não seria a questão essencial. Exigia-se que as matemáticas também funcionassem. E, seguindo esta linha de pensamento, quando Max Planck constata que por maior que fosse o calor injectado no sistema a putativa explosão ultravioleta continuava a não ocorrer, Jack Klaff conclui peremptoriamente que Planck havia feito o lógico: um bocadito de batota, do tamanho da sua constante,  **$6.626076 \times 10^{-34}$  Js**, que é de facto uma coisa muito pequena.



Planck regressa então à vida real, o que é normalmente a parte mais difícil para qualquer cientista, e nessa altura constata que afinal não era ele quem fazia batota - era a própria Natureza, que não aquecia nem refrigerava o *corpo negro* segundo processos contínuos, mas antes através de pulsares secos e descontínuos - os *quanta*.

Entretanto, faz agora mais de 80 anos que os físicos têm vindo a *partir os átomos* em peças cada vez mais pequenas, e um crescente número de partículas continua a ser descoberto no interior dos átomos. Tudo indica que quanto mais profundo se observa, mais partículas se descobrem, e ainda hoje prossegue a busca de neutrinos, bosons e leptosquarks.

Conta-se mesmo que, quando já eram mais de 50 as partículas encontradas, Enrico Fermi

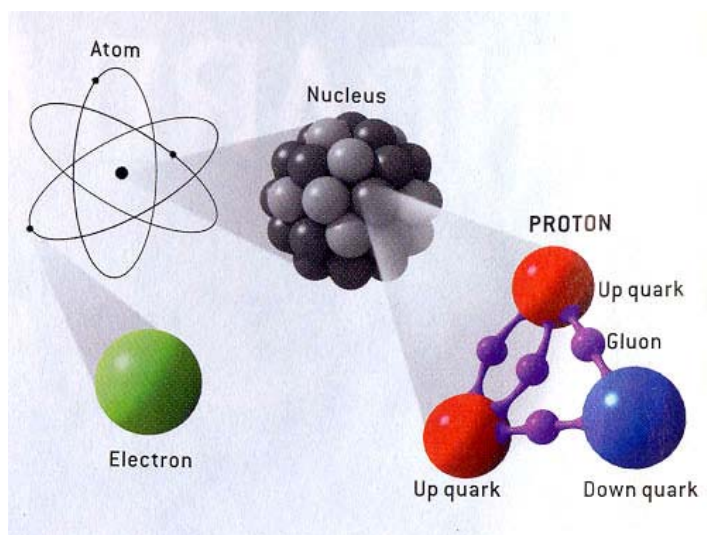
passou a insinuar que só mesmo um botânico poderia lembrar-se do nome de todas elas.

Jack Klaff sugere entretanto uma periodização para a mecânica quântica: a) um primeiro período em que Planck e Einstein demonstram os fundamentos quânticos sem que alguém os haja percebido; b) um segundo período em que a teoria de Bohr permitiu trabalhar com átomos e luz, de forma muito proveitosa, embora incompreensível e, finalmente, c) um período clássico, durante o qual, notáveis teóricos quânticos estabeleceram normas físicas tão eloquentes que frequentemente passaram despercebidas.

Mas o facto é que em poucos anos se alteraram todas as noções de espaço, tempo, gravidade, energia e matéria, provando-se que não só o espaço-tempo se curva, como ainda que tudo o que se desloque a velocidade superior à da luz regressará no tempo. Demonstra-se mesmo que, quanto mais veloz for o movimento, mais deformados se tornam os corpos e mais vagarosamente funcionam os *cérebros humanos*.

Grande parte destas intrigantes formulações quânticas causava em Einstein um crescente desconforto dado que introduziam na física a possibilidade do não-causal, do aleatório ou mesmo do *estocástico* que era um outro termo sugerido para cocktails ao invés de conjectura.

Mas, alheados de tais dúvidas, os novos quânticos insistiam em procurar novas intranquilidades científicas e, por volta dos anos 1940's, elas chegaram, e agora sob o nome de *Electrodinâmica Quântica*.



Embora o Modelo Standard esteja actualmente em re-formulação – provavelmente pela introdução de partículas super-simétricas - as partículas por ele descritas são suficientes para descrever o mundo do dia-a-dia (à excepção da gravidade).

No Modelo Standard as partículas fundamentais da vulgar matéria são o **electrão**, o **up-quark** (u) e o **down-quark** (d). Os *quarks* ligam-se em trios para formar **protões** (uud) e **neutrões** (udd) que por sua vez constituem os **núcleos**. Além destas partículas, o Modelo Standard prevê a existência de um **bosão Higgs** que, embora ainda não tenha sido directamente detectado em experiências, é suposto interagir com as outras partículas do Modelo Standard de uma forma especial que lhes dá massa.

O Modelo Standard descreve 3 das 4 forças conhecidas: **electromagnetismo**, a **força-fraca** (que está envolvida na formação dos elementos químicos) e a **força-forte** (que conserva juntos os protões, neutrões e o núcleo). As forças são mediadas por *partículas-força*: **fotões** no *electromagnetismo*, os **bosões W e Z** na *força-fraca* e **gluões** no caso da *força-forte*.

No caso da *gravidade*, que não é incluída no Modelo Standard, postula-se a existência de **aravitrões**.



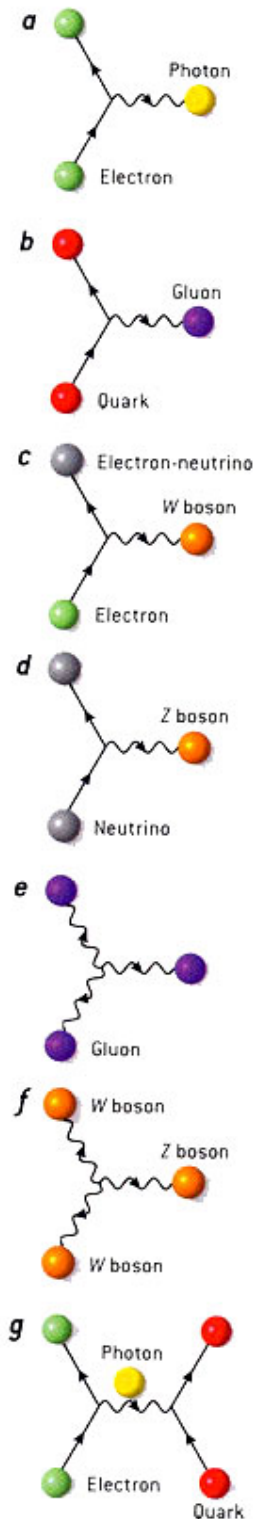
## Cosmologia contemporânea

Em meados da década de 1940's, três físicos, entre os quais **Richard Feynman**, viriam a dotar a ciência das bases de uma teoria que ainda hoje permanece como a mais precisa interpretação dos meandros da luz e matéria.

Como o provaram, e de forma independente, se ao invés de se banir o **zero** e o **infinito** eles fossem convidados à mesa da física, surpreendentemente, isso resolvia muitos dos intrincados problemas na interação entre luz e matéria.

A **QED** (*Quantum ElectroDynamics*) - esta nova teoria - rapidamente se impôs à comunidade científica e viria a potenciar muitos dos desenvolvimentos correntes da física.

Porém, e por mais gigantescos que tenham sido estes gigantescos saltos científicos, eles não resultaram numa definitiva dedução da **Grande Teoria Unificada** integrando as quatro forças já conhecidas: gravidade, força nuclear fraca, electromagnetismo e força nuclear forte.



### Regras de um Jogo Quântico

O **Modelo Standard** descreve as partículas fundamentais e como elas interagem. Contudo, para que se possa perceber mais completamente a natureza, é necessário conhecer as regras a usar no cálculo dos resultados destas interações.

À luz da teoria do campo quântico, os **diagramas de Feynman** são extremamente úteis na descrição destas interações entre partículas que, para além de se puxarem e empurrarem umas às outras, podem também mudar de identidade e serem criadas ou destruídas.

Nos diagramas de Feynman, as linhas rectas representam as trajectórias das partículas de matéria, e as linhas onduladas correspondem às das *partículas-força*.

O *electromagnetismo* é produzido pela emissão ou absorção de um fótons por uma qualquer partícula carregada, tal como um *electrão* ou um *quark*.

A *força-forte* envolve glúons emitidos ou absorvidos por *quarks*, ao passo que a *força-fraca* envolve partículas W e Z que são emitidas ou absorvidas quer por quarks quer por leptões (electrões, muões, taus e neutrinos). Repare-se como o aparecimento da partícula W implica a mudança de identidade dos electrões.

Os glúons e as partículas W e Z também interactivam entre si, mas os fótons não.

Os diagramas de a a f são chamados vértices de interacção, e as forças são produzidas por combinação de dois ou mais vértices. Por exemplo, a força electromagnética entre um electrão e um quark é largamente gerada pela transferência de um fóton.

À excepção da gravidade, tudo o que acontece no mundo é resultado da combinação destes vértices de interacção.

in *Scientific American*, Gordon Kane

Daí que a física contemporânea, curiosamente uma física ainda atravessada por algumas teologias fundamentalistas, continue ainda a buscar os caminhos da unificação, particularmente ao nível da cosmologia e, de momento, é grande a aposta na detecção de partículas super-simétricas.

E como bem sistematizou Dr. Henry Schaefer III numa conferência patrocinada por vários ministérios teológicos, à entrada do milénio III estas são algumas das questões que se colocam à cosmologia contemporânea:

*em termos de extensão e conteúdo, o universo é finito ou infinito,?*

*É ele eterno, ou terá tido um início?*

*O universo foi criado? Se não, como é que aqui se chegou? Se sim, como é que se cumpriu esta criação e o que é que podemos aprender quanto ao agente e acontecimentos desta criação?*

*Quem ou o quê governa as leis e constantes da física? Serão tais leis produtos do acaso, ou foram concebidas? Como é que elas se relacionam com o suporte e desenvolvimento da vida?*

*O universo estará em processo de irreversível esgotamento, ou acontecerá um retomar?*

Prosseguindo, Dr. Schaefer referia: “a ideia de que o universo teve um tempo específico de origem tem vindo a encontrar resistências filosóficas por parte de alguns notáveis cientistas contemporâneos. E poderíamos começar com Arthur Eddington, que 12 anos após o eclipse einsteiniano que varreu os pântanos de Sofala, afirmou: filosoficamente, repugna-me a ideia de um começo para a actual ordem universal.”

O próprio Einstein, ao reagir às consequências da sua Teoria Geral da Relatividade, parecia temer a hipótese de um encontro com Deus.

E, se através das equações da sua relatividade geral, nos é possível traçar a origem do universo até um ponto lá atrás, no seu início, note-se que Einstein, antes mesmo de publicar as suas inferências, introduz no modelo uma *constante cosmológica* – um factor que ele viria a considerar o seu maior disparate científico de sempre (<sup>1</sup>)

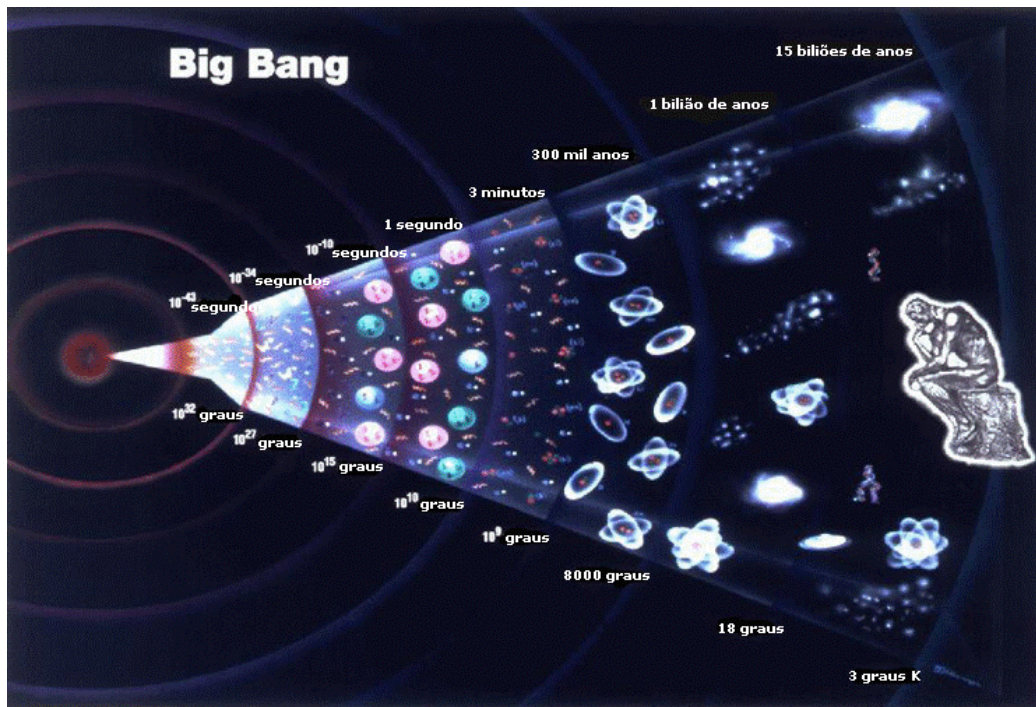
No limite, Einstein aceitava com relutância o que ele chamava a *necessidade de um início* e, posteriormente, a *presença de um superior poder de raciocínio*. Porém, nunca Einstein aceitou a realidade de um Deus personalizado.

Mas, e perguntava-se o mandarim, afinal porquê tanta resistência à ideia de um **início do universo**?

Entre a panóplia de argumentos (cosmológico, teológico, racional, ontológico, e moral) a questão leva-nos ao primeiro argumento – o *cosmológico*: *tudo o que começa a existir tem de ter uma causa; se o universo teve um início, então, o universo terá que ter uma causa*. Como poderão reparar, este argumento tende a fluir numa direcção que causou desconforto a alguns físicos e, em 1946, o cientista russo George Gamow, decidiu-se a considerar um início do universo. E propõe que tudo teria começado com uma bola de fogo que seria uma intensa concentração de **energia pura** que seria a fonte de toda a matéria que hoje existe no universo.

Esta teoria previa que, em resultado de um explosivamente criador **big bang**, todas as galáxias e todas as massas no universo se afastariam entre si a altas velocidades. Uma definição de dicionário da teoria do *big bang* explicita que: “*tudo o universo físico, toda a matéria e energia, e até mesmo as quatro*

*dimensões do espaço-tempo, irrompem de um estado de infinita ou quase-infinita densidade, temperatura e pressão."*



Recorde-se entretanto que a casual observação de um fundo de micro-ondas efectuada em 1965 por Arno Penzias e Robert Wilson a partir dos Laboratórios Bell acaba por convencer a maior parte dos cientistas quanto à validade da teoria do *big bang* e, posteriormente, as observações reportadas em 1992 a partir da nave COBE (COsmic Background Explorer) vieram a reforçar a sua credibilidade.

Se há ou não uma origem no universo, e se tudo terá acontecido há **15 bilhões de anos** atrás (o bilhão, como milhar de milhão) é matéria sobre a qual o mandarim se mostra cauteloso; no mínimo porque ele prefere aguardar pelos resultados do **satélite Planck** a ser lançado em 2007, e que tentará detectar as *ondas gravitacionais* supostamente emanadas aquando dos primeiros momentos do Big Bang – ou seja, uma prova directa da teoria. Caso nada seja detectado pelo satélite Planck, o mandarim mostra-se disposto a fazer uma segunda leitura do *Modelo Cíclico*, recentemente proposto por Neil Turok, um sul-africano Professor que lecciona matemática física na Universidade de Cambridge.

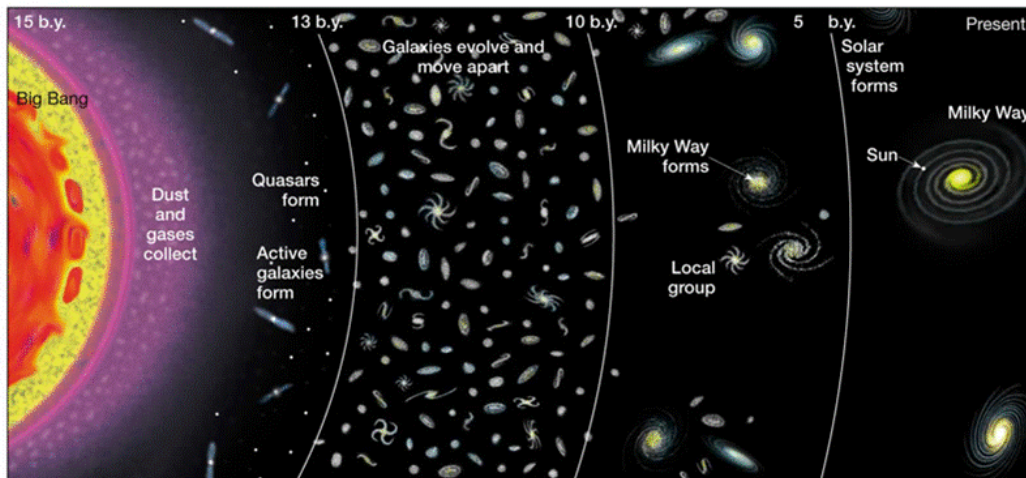
Entretanto, cite-se o físico Leon Lederman, um proponente do inacabado *Super Condutor-Super Colisor* (SSC), que, no seu livro *A Partícula de Deus* introduz um primeiro parágrafo que sumariza assim o que até agora foi dito:

*No início, havia um vazio, uma curiosa forma de vácuo, um nada contendo nenhum espaço, nenhuma matéria, nenhuma luz, nenhum som. No entanto, as leis da natureza estavam presentes, e este curioso vácuo mostrava potencial.*

*Logicamente, qualquer estória começa no princípio mas, nesta sobre o Universo, infelizmente ainda não há datas precisas para os princípios – nenhuma, zero. Nada sabemos sobre o universo antes de ele ter atingido a madura idade de uma fracção do segundo - um bilionésimo de trilhão. Ou seja, uma fracção de tempo muito curta após a criação em big bang. E quando se lê, ou se ouve, alguma*

*coisa sobre o nascimento do universo, alguém poderá estar a forçar a nota porque este é um reino que pertence à filosofia, e só Deus saberá o que aconteceu no princípio.*

E isto é tudo o que Lederman tem a dizer sobre o assunto, e sobre o seu Deus – um parágrafo.



Já o que muito popularizou **Stephen Hawking**, e particularmente o seu livro *Uma Breve História do Tempo*, foi o facto de ele falar sobre um Deus. Ele diz mesmo que *o verdadeiro ponto da criação jaz fora dos termos das leis da física, tal como elas são presentemente conhecidas.*

Stephen Hawking é provavelmente o mais famoso cientista da actualidade, e o seu livro vendeu mais de 15 milhões de cópias – um recorde de vendas na literatura científica, inclusive no sentido de talvez ser o livro menos completamente lido na história dessa literatura.

Hawking construiu a sua reputação ao investigar, em grande detalhe, uma área muito particular de questões: a *singularidade* e horizontes em redor dos *buracos-negros*, e o *princípio do tempo*; buracos-negros que seriam massivos sistemas tão condensados que a força da gravidade impediria que qualquer coisa deles escapasse – incluindo a luz. Buracos negros que seriam zeros, infinitamente grandes.

O primeiro trabalho de Hawking (1968-70) foi publicado com George Ellis e Roger Penrose, no qual demonstram que qualquer solução para as equações da relatividade geral implica a existência de uma *fronteira singular* para o espaço e para o tempo - uma asserção que é hoje conhecida como o *teorema da singularidade*, e que viria a ter grande impacto científico.

Mais tarde, e agora trabalhando sozinho, em 1974 Hawking formula ideias sobre uma *evaporação quântica* que deveria explodir a partir dos buracos negros – a famosa *radiação Hawking*. Mas o trabalho mais referido em *Uma Breve História do Tempo* é igualmente a mais especulativa das suas perspectivas: em 1984, com James Hartle, um professor da Universidade de Califórnia em Santa Bárbara, Stephen Hawking usa um elegante *modelo de flutuação*, através do qual propõe uma racionalização matemática para o modo como o universo teria surgido no princípio do tempo – sugere ele um *universo como uma função de onda*.

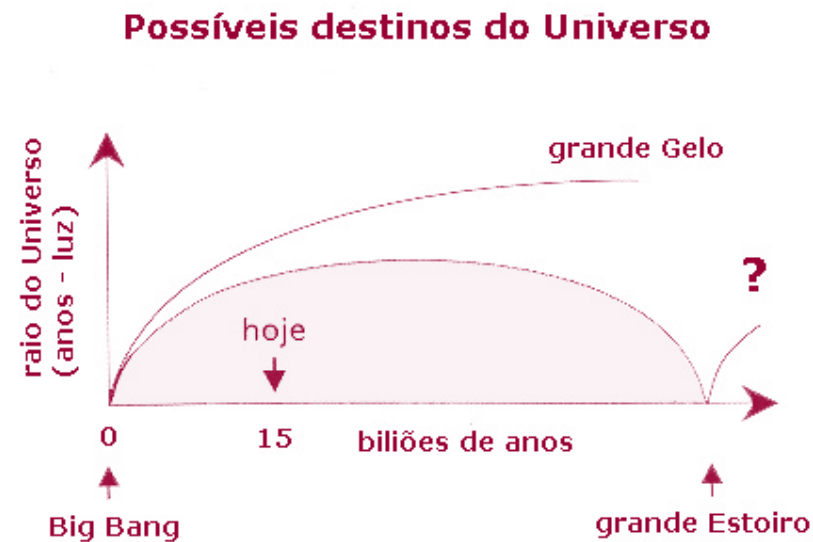


Importa realçar que apesar de estes físicos fazerem recurso a modelos *MUITO SIMPLES* ( *ah, ah, ah*), baseados em intensa especulação matemática, tais modelos conseguem na verdade sugerir-nos entendimentos mais profundos do momento da criação.

Hawking será talvez o mais famoso físico a quem o prémio Nobel permanece por atribuir; e, entre outras razões, isto poderá dever-se ao facto de a Academia Real da Suécia exigir que uma atribuição seja suportada por *experimentação verificável* ou por *evidência observável*.

Não obstante a elegância conceptual do seu modelo, até à data as perspectivas de Hawking permanecem por demonstrar e, numa altura em que a ciência apenas agora começa a verificar a existência dos buracos negros, não parece razoável esperar que muitas das suas radicais propostas teóricas sejam comprováveis, no imediato. Admite-se mesmo que a pessoa que ganhará este prémio Nobel será o observador que melhor souber herdar as *tabelas de Hawking*.

Dias depois do eclipse solar em Changara, quando chegámos a Maputo o mandarim guardou o almanaque de estórias e ofereceu-me um diagrama de destinos.



### **Créditos e Fontes:**

Foi nos trabalhos de Richard Mankiewicz, John Norton e Malba Tahan que encontrei grande parte dos tesouros astronómicos deste Almanaque, e com Charles Seife e Jack Klaff aprendi que rigor tende sempre a rimar com humor – sobretudo quando se aborda o zero ou o infinito em *espaços-tempo* povoados por gatos de Schrödinger e incertezas de Heisenberg.

*Last, but certainly not the least*, enormes terão que ser os créditos para Richard Feynman, o professor que só tarde pude ter.

Todas as imagens do almanaque foram obtidas na web e, porque seria fastidioso referenciá-las individualmente, daqui vai um agradecimento público aos seus autores.

As fotos dos caçadores de eclipses em Changara (capa e créditos) são do Funcho (João Costa).



### **Eclipses e Geometrias**

**um Almanaque**

por zeca bamboo

versão web e PDF - junho 2006