

Perante os movimentos do Sol e da Lua e o movimento nocturno da esfera celeste arrastando astros errantes e um grande número de estrelas, desde cedo os homens tentaram explicar tão grandioso espectáculo de movimentos. Os astrólogos de civilizações mais antigas elaboraram sistemas cosmológicos mais ou menos complexos em que intervinham directamente deuses e demónios. Os sistemas cosmológicos dos filósofos gregos dispensaram, em geral, a intervenção sobrenatural, mas a filosofia cristã, vários séculos mais tarde, retomou-a com a colaboração dos anjos. Com o advir da ciência moderna, os sistemas cosmológicos regressaram ao controlo da mecânica celeste, tendo-se descoberto que os movimentos dos astros eram regidos por leis físicas, rigorosas e imutáveis.

LUÍS MIGUEL BERNARDO

Departamento de Física, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto,

R. do Campo Alegre, 687, 4169-007 Porto,

lmbemar@fc.up.pt

# TEORIAS COSMOLÓGICAS ANTIGAS

Se exceptuarmos a opinião dos Órficos<sup>1</sup> que consideravam o Mundo oval, todos os filósofos da Grécia Antiga consideravam que a forma do Universo era esférica, a forma geométrica mais perfeita. Pensaram uns que no centro desta esfera deveria estar a Terra, outros que deveria estar uma massa de fogo místico e ainda outros o próprio Sol.



Pitágoras (569-470? a.C.) e os seus seguidores defendiam um sistema não geocêntrico com esferas celestes fluidas em movimento de rotação, constituindo as estrelas outros tantos mundos. Diz-se que Pitágoras, depois de ter estabelecido as proporções para os acordes e a teoria da música, conjecturou a existência de uma música astral, associada ao movimento das esferas celestes, um assunto muito discutido na Idade Média. Heráclito (540-480 a.C.), embora defendendo um sistema geocêntrico, pensava que Mercúrio e Vénus gravitavam em torno do Sol.

# OLÓGICAS

Para justificar a estrutura e a dinâmica do Universo, Empédocles (495-435 a.C.) admitiu que o ar e o fogo ocupavam predominantemente duas metades distintas de uma esfera. Pela acção da pressão do hemisfério do fogo, toda a esfera do Universo tinha adquirido um movimento de rotação. Justificava a sequência dos dias e das noites pela posição dos hemisférios; quando o hemisfério ígneo está no alto, é o dia; quando essa posição é ocupada pelo hemisfério aéreo, que é escuro, então é a noite<sup>2</sup>. Para Empédocles, o Sol e a Lua não são massas ígneas; a Lua limita-se a reflectir a luz do Sol e, por sua vez, o Sol é um reflexo do hemisfério ígneo sobre o céu... Empédocles achava perfeito o seu sistema cosmológico, a ponto de o considerar obra de um ser superior, ele próprio o "*divino Empédocles de Agrigento*"<sup>3</sup>... Filolau, discípulo de Pitágoras e activo em 475 a.C., colocava no centro do Mundo uma massa de fogo, a mãe dos deuses, que simbolizava o centro de onde provinham todos os corpos celestes. A Terra giraria em torno desse fogo juntamente com o Sol, a Lua e as estrelas. Esta doutrina sobreviveu pelo seu conteúdo místico até bastante tarde.

Relativamente à forma da Terra as opiniões dos antigos filósofos divergiam. Tales (624-545) supunha que a Terra era chata e flutuava na água e que outra massa de água fechava a abóbada celeste<sup>4</sup>. Anaximenes (588-524) considerava que a Terra tinha a forma de um prato e que era suportada pela pressão do ar que, para ele, era a matéria cósmica primitiva; os astros durante a noite não giravam sob a Terra mas circulavam-na<sup>5</sup>. A ideia da Terra plana tornou-se vulgar no século V a.C., mas supunham-na esférica Parménides (séculos VI-V a.C.) e os pitagóricos

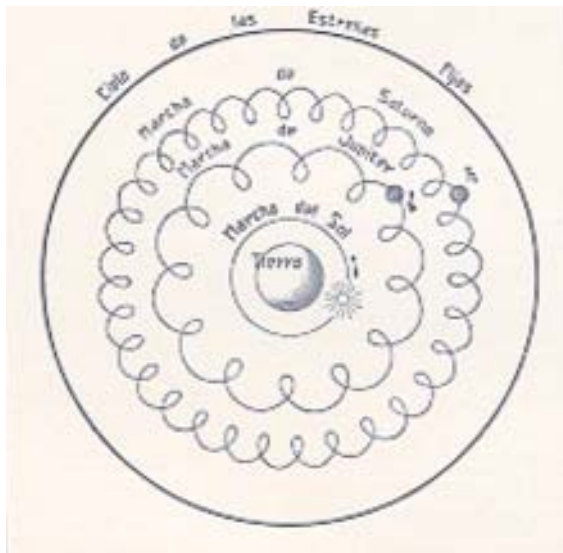
liderados por Arquitas de Tarento, activo entre 400 e 350 a.C. Julga-se que este filósofo teve alguma influência na concepção do sistema cosmológico de Platão (423-347 a.C.) um daqueles filósofos que fazia parte do seu grupo de amigos.

De acordo com este sistema, estabelecido por Eudoxo (400-350 a.C.), a Terra estava envolvida por esferas homocêntricas com 27 movimentos circulares independentes que, ao rodarem, arrastavam consigo os corpos celestes agarrados às respectivas superfícies<sup>6</sup>. Em cada uma das sete primeiras superfícies estava fixo um dos sete planetas "*como os nós numa tábua*". Da mesma maneira, na superfície da oitava esfera estavam presas as estrelas fixas constituindo o Firmamento. No percurso desde a Terra até ao Firmamento surgiam sucessivamente, a distâncias crescentes, as esferas dos sete planetas: Lua, Sol, Vénus, Mercúrio, Marte, Júpiter e Saturno. No sistema de Platão, o Sol não ocupava um lugar de grande destaque; aparecia imediatamente a seguir à Lua, precedendo Vénus. Era-lhe atribuído, no entanto, o relevante papel de ser, entre os objectos celestes, a única fonte de luz que iluminava todos os astros, incluindo, naturalmente, a Terra e as estrelas. Fora da superfície esférica do Universo, Platão colocava os deuses e as almas em permanente contemplação das Ideias, do Belo e do Bem. Para os Estóicos, porém, para além da esfera do Universo havia apenas o vazio infinito<sup>7</sup>.



Ptolomeu

Na Grécia Antiga, surgiram outros sistemas planetários, distintos daquele que fora proposto por Eudoxo. Aristarco de Samos (310-230 a.C.) imaginou um sistema planetário heliocêntrico. Pelo facto de defender o movimento da Terra que consigo transportava o fogo central divino, foi acusado pelo filósofo estóico<sup>8</sup> Cleantes (331/330-232/231 a.C.), discípulo de Zenão (324-262 a.C.), de profanação sacrílega, perturbando com as suas ideias – assim o afirmava o acusador - o sossego dos deuses. O sistema heliocêntrico de Aristarco foi retomado por Arquimedes (287-212 a.C.) no seu livro de Aritmética intitulado "Arenário", mas mais uma vez não conseguiu sobreviver. Tinha contra si a aparente evidência da rotação das esferas planetárias e alguns preconceitos religiosos. Além disso, era contrário à teoria da Física do conceituado Aristóteles que imaginava a Terra fixa ocupando o seu lugar natural, o centro do Universo e uma nona esfera, o primeiro móbil, que, com o seu movimento, arrastava todas as outras subordinadas no total de 56 movimentos circulares independentes.



Epiciclos de Ptolomeu

As várias gerações de filósofos, posteriores a Platão e a Aristóteles, foram aperfeiçoando a teoria geocêntrica das esferas móveis. Atribuíram às esferas movimentos excêntricos, introduziram os epiciclos, a obliquidade da eclíptica e os movimentos de precessão dos equinócios. A teoria transformou-se numa panóplia de círculos concêntricos e excêntricos que só matemáticos muito competentes podiam seguir, sem se perder. Depois de atribuir movimentos excêntricos a alguns planetas, Ptolomeu (100?-170?) adicionou à Máquina do Mundo uma esfera cristalina (segundo móbil) entre o firmamento e o primeiro móbil. O complicado movimento das esferas tornou-se um verdadeiro quebra-cabeças<sup>9</sup>. Os movimentos associados

às esferas celestes continuavam, porém, a ser circulares, pois o círculo era considerado a única forma geométrica perfeita, capaz de suportar os movimentos eternos das esferas e dos astros.

Perante o modelo antigo da Máquina do Mundo, uma questão que sempre se colocou era saber qual a origem dos movimentos independentes das várias esferas que se arrastam umas sobre as outras, transmitindo as exteriores o seu próprio movimento às interiores. Não se conhecem as causas que teriam sido invocadas pelos filósofos gregos. Os filósofos medievais procuraram na Bíblia a resposta para tão importante questão. Como veremos, muitos deles convenceram-se de que a teriam encontrado.

### TEORIAS DA IDADE MÉDIA

A ideia de uma Terra plana teve também seguidores na Idade Média, como se pode inferir da controvérsia sobre a existência ou inexistência de antípodas, uma questão – pertinente tanto numa Terra plana como esférica – que ocupou os filósofos até ao Renascimento e que só viria a ser definitivamente esclarecida com os Descobrimentos Portugueses<sup>10</sup>. O Padre António Vieira na sua "Historia do Futuro" cita e, felizmente, traduz um texto latino escrito por Lactâncio (240-320), um apologista a quem os humanistas do Renascimento chamaram Cícero cristão. Vieira refere que Sto. Agostinho, S. Justino, Sto. Hilário, S. João Crisóstomo, S. Basílio, Sto. Ambrósio, Procópio, Teofilato e Eutímio partilhavam a opinião de Lactâncio:

*“Que direi daquelles (diz Lactancio), os quaes tiveram para si, que ha no mundo outros homens que andam com os pés virados para nós, a que chamam antipodas? Por ventura dizem estes alguma coisa que tenha fundamento, ou póde haver homem de tão pouco juiso, que se lhe metta na cabeça que ha homens que andem com a cabeça para baixo, e que todas as coisas que aqui estão em pé, e direitas, lá estejam penduradas? Que as arvores cresçam para a parte inferior? Que a chuva cáia para cima? E que os que hão de colher os frutos, hajam de descer aos ramos, e não subir? E espantamo-nos, que os hortos pensiles se contem entre as sete maravilhas do mundo, quando ha philosophos que fazem campos pensiles, mares pensiles, e cidades pensiles, em que as torres e os telhados estão pendurados para baixo? Mas será bem que digamos a origem d’onde teve principio este erro, e que razão moveu ou levou estes homens a uma coisa tão irracional, como haver antipodas. Viam que o sol, a lua, e as estrelas, saíam sempre do Oriente, e entravam pelo Occaso; viam, ou cuidavam que viam, que este céu que nos cobre, tem figura de uma abobada (sendo que esta representação não a faz a figura do céu, senão o termo e fraqueza da nossa vista) e não intendendo o modo porque esta machina se governa, vieram a imaginar que o mundo*



era redondo como uma bola, e assim fingiam que havia no céu varias orbes de materia solida como bronze, em que estavam esculpidas essas imagens e corpos portentosos, a que chamamos estrellas e planetas.

Desta redondeza ou rotundidade do céu, inferiam e assentavam que tambem a terra era redonda; e accommodando-se naturalmente a figura do corpo exterior, e maior, dentro do qual estava mettida e torneada desta maneira, e feita redonda a terra, tiravam por segunda consequencia que tambem havia de estar povoada de homens e de animaes, em todas as partes, como está nesta onde vivemos; assim que, a imaginada rotundidade do céu foi a inventora destes antipodas pendurados: e se perguntarmos aos defensores deste portento como pôde ser, que os homens que fingem com os pés para cima, se lhes não despeguem da terra, e como não cáem por esses ares abaixo, respondem que é o pezo natural da terra, que de todas as partes inclina para o centro, assim como os raios de uma roda todos vão parar ao eixo, e que assim como do mesmo eixo saem os raios para a roda, assim as coisas pesadas vão buscar o meio; as coisas leves, como o fogo, os fumos, as nevoas, sobem direitas para as diversas partes do céu, de que a terra está cercada. O que se haja de dizer de taes homens, e de taes entendimentos, não o sei; só digo que depois de terem caído no primeiro erro, perseveram constantemente na sua ignorancia, defendendo umas coisas vãs, com outras tão vãs como ellas; sendo que algumas vezes cuidou que não dizem nem escrevem isto de sizo, senão por jogo e zombaria, e que sabendo muito bem que tudo o que dizem são fabulas e mentiras, as defendem comtudo para ostentar habilidade e engenho, empregando tão bons entendimentos em tão más coisas." (*Divinarum Institutionum, cap.23*)

No século VI d.C., Cosmas Indicopleustes de Alexandria insistia, inspirado na Bíblia, que a Terra era um retângulo e que dos seus lados se erguiam enormes muros que seguravam o Firmamento<sup>11</sup>. Além destes muros existiam arcos muito sólidos que suportavam a abóbada onde se encontrava uma grande cisterna contendo as águas superiores referidas nos textos bíblicos. No Génesis está escrito que Deus separou com o Firmamento as águas superiores das inferiores tendo com estas constituído os oceanos<sup>12</sup>. O céu, onde permaneciam os bem-aventurados, tinha janelas que eram abertas ou fechadas por anjos, sempre que o Criador desejava enviar a chuva para a Terra ou interrompê-la. A terra habitada ocupava o centro do retângulo e era cercada pelos mares oceânicos. Para além deles estava o paraíso terreal. Ao Norte, muito mais pequeno do que a Terra, rodava o Sol à volta de uma montanha cônica<sup>13</sup>.

Cosmas foi o autor de um dos mais famosos e antigos mapa mundi. Todas as afirmações deste geógrafo cristão se fundamentavam nos textos bíblicos<sup>14</sup>. Porém, a sua



teoria de uma terra rectangular não obteve muitos adeptos e foi rapidamente olvidada. Melhor sorte tiveram as teorias de Sto. Isidoro (560-636), Bispo de Sevilha, que marcou uma época com os seus pontos de vista teológicos e com as suas interpretações bíblicas dos fenómenos naturais. Sto. Isidoro achava que as águas superiores estariam localizadas no céu dos bem-aventurados, numa posição intermédia entre a parte mais alta e a parte mais baixa. Tinha dúvidas sobre a forma como o Firmamento envolvia a Terra, se a envolvia como uma casca de ovo ou, simplesmente, se a tapava como uma cortina.

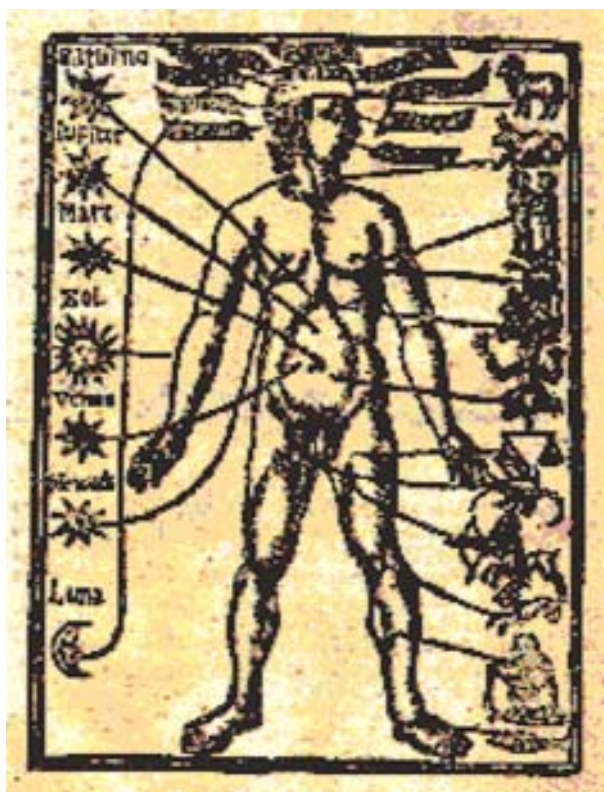
Sto. Isidoro achava que a Terra era esférica mas tinha sobre a terra habitada uma concepção geográfica insular achando que era constituída por três continentes próximos (Ásia, Europa e África) rodeados de mar por todos os lados<sup>15</sup>. Esta opinião era oposta à de Ptolomeu, que, no seu modelo de Terra esférica, considerava que os mares eram lagos



enormes, completamente rodeados de terra só parcialmente habitável. Deve notar-se, no entanto, que a Geografia de Ptolomeu só foi suficientemente conhecida no Ocidente cristão nos primeiros anos do século XV, embora a sua concepção do mundo fosse já conhecida através de fontes gregas e árabes.

O Venerável Beda (672/3-735), cuja autoridade foi muito respeitada, defendia a forma esférica da Terra e considerava que o Firmamento, constituído por um fogo de natureza muito subtil, era igualmente esférico. O céu superior, onde se encontrariam os anjos, tinha-o Deus temperado com gelo, receando que inflamasse os elementos mais baixos. Colocava as águas superiores acima do Firmamento mas a um nível inferior ao do céu dos espíritos. O papel destas águas era temperar o fogo das estrelas. Beda não dá muito crédito à opinião de que nessa região teriam estado as águas que caíram durante o Dilúvio<sup>16</sup>...

A partir do século IX distinguiram-se outros homens na ciência sagrada: Rabano Mauro, o Abade de Fulda e o Arcebispo de Maiense. Os textos da Bíblia continuavam a ser a verdade revelada por Deus, servindo para formular e fundamentar as teorias da Ciência da Natureza. Com a leitura e o estudo dos autores latinos e árabes, reforçou-se o interesse pela Astrologia, que cresceu durante toda a Idade Média<sup>17</sup>. O Macrocosmos, constituído pelos objectos celestes nos seus devidos lugares, estava intimamente ligado ao Microcosmos, o corpo do homem constituído pelos seus vários órgãos<sup>18</sup>.



Durante o século XII, começaram a surgir na Europa cristã as primeiras teorias racionais para explicar o mundo natural incluindo a aceitação quase generalizada da esfericidade da Terra. Manteve-se, no entanto, a influência da Teologia sobre a Filosofia. Sta. Hildegarda (1098-1179), além de obscuras descrições de visões e alguns textos místicos, deixou-nos a sua visão do Universo<sup>19</sup>: no centro do seu sistema cosmológico encontrava-se a Terra esférica, em torno da qual se desenvolviam camadas concêntricas ou zonas que progressivamente passavam da forma esférica para a forma oval. Por cima da Terra, contendo os quatro elementos, encontrava-se uma camada de ar luminoso e outra de ar aquoso. Seguiu-se uma outra de éter puro, com as estrelas fixas, a Lua e os planetas interiores (Vénus e Mercúrio). Envolvendo esta camada, surgia ainda uma outra, sombria e formada de fogo negro, e finalmente seguia-se uma camada de fogo luminoso onde estavam o Sol e os planetas exteriores (Marte, Júpiter e Saturno). Os eixos maiores das ovais estavam na direcção Este-Oeste. Na forma oval<sup>20</sup> revelava-se um universo assimétrico e o "ovo cósmico", uma concepção que vinha da Antiguidade<sup>21</sup>. No interior da Terra havia dois extensos espaços com a forma de troncos de cones, onde era aplicado o castigo aos pecadores e onde ocorriam coisas verdadeiramente diabólicas. A famosa Sta. Hildegarda, que mereceu maior e mais venerando respeito pelos seus sonhos místicos do que pela sua filosofia, teria sido inspirada não só pelos anjos e por várias passagens bíblicas, mas também por escritos de Aristóteles menos bem interpretados. As relações de semelhança e de interacção entre o Macrocosmos e o Microcosmos estão também presentes nos textos cosmológicos de Sta. Hildegarda<sup>22</sup>.

No contexto das concepções pitagóricas mas num modelo cosmológico geocêntrico, estabeleceu-se uma grande polémica entre os filósofos medievais ao discutirem se "os céos com seu movimento causavam algum som, ou consonância, & harmonia de musica"<sup>23</sup>. Para alguns, esse som tinha a sua origem no movimento de escorregamento de umas esferas sobre as outras e era produzido nas exactas condições de "este concertado accidente, que chamamos som". A razão pela qual o som não era audível era atribuída ao facto de nos acompanhar desde o nosso nascimento e, portanto, por habituação, os nossos ouvidos deixavam de o "escutar, assi como os moradores das Cataratas do Rio Nillo ao precipitarse por ellas, não sintem o rumor, nem estrondo grandissimo, que ao cair fazem as agoas"<sup>24</sup>... Desde Pitágoras havia a ideia que não só os céus produzem som, como também esse som é um "som de consonancia e melodia musical" causada pelo movimento regular das esferas dos planetas e pela proporção das distâncias que as separam. A conjectura da "música das esferas" não fazia parte das crenças dos peripatéticos<sup>25</sup>, que dominaram a filosofia natural a partir do fim do século XIII. Por outro lado, já se sabia desde o século XVI que a





“Não se pode duvidar, que os Anjos, como Intelligencias separadas, movão os Planetas, por ser doutrina expressa de muitos Padres, insinuada por outros, e finalmente deduzida de hum Texto de Job”.

Cuidadasas investigações e inspiradas revelações... tinham conduzido à descoberta do nome dos sete anjos que comandavam o movimento de cada uma das esferas planetárias<sup>32</sup>:

*Cassaneo no seu Cathalogo, com autoridade de outros Autores, expoem os nomes dos sete Anjos, que presidem aos Planetas, pela fôrma seguinte. Casiel ou Virtude de Deos, affirma reger a Saturno; Satiel, que se interpreta Justiça de Deos, a Jupiter; Samuel, ou Auxilio de Deos, a Venus; Michael, ou Caza de Deos, a Mercurio; Rafael, que he o mesmo que Medicina de Deos, ao Sol; Gabriel, que se interpreta Fortaleza de Deos, a Lua.*

A forma como os anjos empurravam as esferas era motivo de alguma perplexidade<sup>33</sup>!... O mesmo historiador bíblico recorre à opinião do astrónomo Pe. Cristóvão Borro :

*Em quanto ao modo, parece mais congruente serem movidos como faxos, e não como aves no ar, ou peixes na agoa.*

Desviando-se das ideias cosmológicas de inspiração aristotélico-ptolomaica, dominantes no seu tempo, o citado Pe. Borro defendeu, no princípio do século XVII, a opinião de que os céus eram apenas três<sup>34</sup> e, além disso, eram líquidos!...

Apesar das alternativas à teoria cosmológica aristotélico-ptolomaica, foi esta que mereceu a confiança da grande maioria dos filósofos europeus da Idade Média, designadamente os astrónomos cristãos do tempo de Afonso X, o Sábio<sup>35</sup>. A existência das esferas nona e décima, assim como os respectivos movimentos, não eram, porém, consensuais entre os filósofos. Para muitos a Máquina do Mundo continuava a ter apenas oito esferas. Foi, porém, o sistema geocêntrico de dez céus mais o Empíreo que, nos Lusíadas, foi descrito pela Ninfa ao mostrar ao "Grande Gama" a Máquina do Mundo. Depois de descrever o Empíreo, o Primeiro Móvil, o Segundo Móvil ou o Céu Áquo ou Cristalino e finalmente o Firmamento<sup>36</sup>, a ninfa diz o seguinte<sup>37</sup>:

*Debaixo deste grande Firmamento / Vês o céu de Saturno, Deus antigo; / Júpiter logo faz o movimento, / E Marte abaixo, bélico inimigo; / O claro olho do Céu<sup>38</sup> no quarto assento, / E Vénus, que os amores traz consigo; / Mercúrio, de eloquência soberana; / Com três rostos, debaixo, vai Diana.*



Sistema cosmológico dos dez céus

O sistema geocêntrico ptolomaico só foi posto seriamente em dúvida após a publicação da obra "*De Revolutionibus Orbium Coelestium*" (1542) de Nicolau Copérnico (1473-1543), que estabeleceu o moderno sistema planetário heliocêntrico<sup>39</sup>. Relativamente pouca importância foi dada ao sistema de Copérnico durante os 50 anos que se seguiram. Mas, Giordano Bruno (1548-1600), que foi queimado vivo em Roma, por ordem da Inquisição, divulgou-o; Kepler usou-o nos seus estudos das órbitas planetárias; e Galileu defendeu-o não só como hipótese matemática<sup>40</sup> mas também como teoria física.

É interessante aqui referir que o sistema cosmológico de Copérnico foi inicialmente bem aceite em Espanha. O próprio rei, Filipe II (Filipe I de Portugal), possuía uma cópia de "*De Revolutionibus Orbium Coelestium*"<sup>41</sup>. Em 1561, existia, na Universidade de Salamanca, a permissão<sup>42</sup> para o ensino da teoria de Copérnico. Diego de Zúñiga, professor de Sagrada Escritura na Universidade de Osuna, depois de analisar o livro de Copérnico concluiu, em 1584, que não havia qualquer contradição entre os escritos bíblicos e a teoria heliocêntrica. Esta sua interpretação foi aparentemente encarada com muita indiferença. Além de Zúñiga não se conhecem outros filósofos importantes seus contemporâneos que defendessem a teoria heliocêntrica na Península Ibérica e até o próprio Zúñiga acabou por se retractar em 1597<sup>43</sup>. A permissão do ensino da teoria de Copérnico na Universidade de Salamanca manteve-se pelo menos até 1625, nove anos depois do édito papal de 1616 que a proibia. Apesar de ter sido permitido o seu ensino, a teoria de Copérnico nunca foi realmente professada, não se sabe se por falta de interesse dos estudantes se por desmotivação dos lentes.



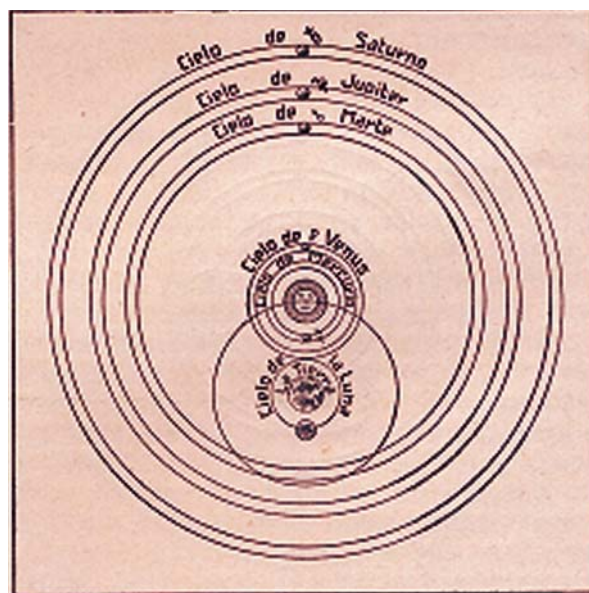


Copérnico

A maioria dos comentários sobre o sistema de Copérnico antes de 1650 era-lhe, efectivamente, desfavorável. No século XVII, não só os filósofos peripatéticos como também os teólogos eram intransigentes defensores do sistema geocêntrico. Os primeiros consideravam o sistema heliocêntrico contrário à harmonia da Natureza e à experiência, como se pode ler no Vocabulário<sup>44</sup> do Pe. Bluteau:

*Se, no espaço de vinte e quatro horas, fizera a Terra sobre o seu centro o seu curso, facilmente cairiam, com a violência e contínua revolução, todos os edificios; do mesmo modo que uma roda, arrebatada com ímpeto, despede toda a areia ou torrão de terra, que se lhe pegou na circunferência. [...] Nenhuma coisa, lançada ao ar, cairia perpendicularmente sobre o lugar donde fôsse lançada, porque, no intervalo de subir e baixar, já teria a Terra feito muito caminho.*

Os teólogos consideravam o sistema heliocêntrico incompatível com os escritos da Bíblia e com as muitas interpretações que deles se tinham feito. A passagem do Livro de Josué em que este profeta ordena ao Sol e à Lua que parem, era para os teólogos prova clara de que tais astros se moviam. O salmo, em que se afirma que Deus pôs a Terra no seu lugar para aí ficar quieta, era uma revelação clara da imobilidade da Terra e, portanto, da validade inquestionável do sistema geocêntrico<sup>45</sup>. Muitos astrónomos não viam razões astronómicas suficientemente fortes para preterir o velho sistema por um novo que, além disso, tanta polémica causava. Outros preferiram um sistema intermédio, proposto por Tycho Brahe, segundo o qual a Terra estava imóvel, com o Sol e a Lua a orbitarem à sua volta, e os outros planetas a girar em



Sistema de Tycho Brahe

torno do Sol<sup>46</sup>. De 1650 a 1670 foi este o sistema favorito de astrónomos e filósofos já que não se opunha às descrições bíblicas nem à doutrina oficial da Igreja. A partir de 1680, o sistema heliocêntrico de Copérnico começou a ganhar adeptos importantes, crescendo o seu número com a publicação, em 1687, da teoria da gravitação de Newton. No século XVIII quase ninguém se opunha ao novo sistema heliocêntrico "excepto os rústicos, os trabalhadores e as mulheres, todos eles iletrados"<sup>47</sup>.

## O DESPONTAR DA MODERNA MECÂNICA CELESTE

Depois de ter observado o céu com um telescópio e de ter concluído que o universo ptolomaico, geocêntrico, com esferas mais ou menos excêntricas movendo-se umas sobre as outras e arrastando-se mutuamente, não fazia qualquer sentido, Galileu abraçou a nova hipótese proposta por Copérnico. Por se opor aos dogmas da Igreja, Galileu foi condenado a prisão domiciliária perpétua e foi proibido de escrever ou ensinar a nova teoria cosmológica.

Kepler, depois de ter analisado os registos das observações do grande astrónomo Tycho Brahe descreveu as leis do movimento dos planetas na concepção heliocêntrica que hoje são conhecidas pelo seu nome – leis de Kepler. A 1ª lei diz que "todos os planetas se movem em torno do Sol em órbitas elípticas, ocupando o Sol um dos focos"; a 2ª lei que "o raio vector que une o planeta ao Sol, varre áreas iguais em tempos iguais"; e, finalmente, de acordo com a 3ª lei, "o quadrado do período de revolução de um qualquer



*planeta é proporcional ao cubo da sua distância média ao Sol*". Não deixa de ser notável como, a partir de simples registos das posições dos planetas, foi possível obter as leis de movimento dos planetas!... Embora sejam estas as únicas leis propostas por Kepler que conseguiram sobreviver ao escrutínio científico, ele nunca lhes atribuiu mais importância do que a qualquer outra das suas descobertas...

No fim do século XVII, Newton, partindo da hipótese de uma lei de atracção gravítica, justificou as leis de Kepler, tendo desde então ficado estabelecida a dinâmica do sistema solar. A máquina do Mundo, que no passado era produto de simples especulação, tornou-se uma máquina perfeitamente compreensível e previsível. Euler, d'Alembert e Laplace propuseram modelos cosmogónicos para explicar a origem e a dinâmica, não só do sistema solar como também das galáxias e de todo o Universo. A Mecânica aplicada aos astros foi aperfeiçoada, no princípio do século XX, com o aparecimento da Teoria da Relatividade de Einstein. As observações têm mostrado a enorme complexidade do Cosmos e tornou-se para todos evidente que quantos mais segredos são desvendados, mais segredos há para desvendar.

## CONCLUSÃO

A visão diária dos astros com os seus movimentos mais ou menos regulares despertou a inteligência dos homens para as primeiras hipóteses sobre a origem e o funcionamento do mundo exterior, o Macrocosmos. Às primeiras tentativas de explicação muitas outras se lhe seguiram: algumas enquadradas na cultura vigente, outras bastante marginais e ainda outras frontalmente opostas. Muitas destas hipóteses foram revolucionárias e constituíram um núcleo de um novo paradigma cultural. Nelas se incluem o sistema de Copérnico, a teoria gravitacional de Newton, a teoria da relatividade de Einstein, bem como as mais recentes teorias cosmológicas baseadas no *big bang*, nos buracos negros e nos universos paralelos.

Seria precipitado supor que, ao fim de 2500 anos de busca da mais correcta teoria cosmológica, a tivéssemos encontrado definitivamente. Tal como os seus predecesores, o presente paradigma cosmológico continua a ser condicionado pelo desenvolvimento cultural dos homens que o propuseram e será, provavelmente, substituído por outro nas próximas décadas ou séculos<sup>48</sup>...

## NOTAS E REFERÊNCIAS

<sup>1</sup> Chamavam-se Órficos os seguidores do orfismo, uma forma de filosofia adaptável a toda a religião, que se julga ter sido introduzida por Orfeu, um herói da mitologia grega dotado de extraordinária habilidade musical. O orfismo foi bastante popular no século V a.C.

<sup>2</sup> *História da filosofia grega*, Gouveia Neves, Porto, Edições Marânus 1957.

<sup>3</sup> Diz a lenda que, para demonstrar a sua imortalidade, Empédocles ter-se-ia lançado na cratera do vulcão Etna, e desta forma pereceu.

<sup>4</sup> *Pequena História do Pensamento Científico*, F. Enriques e G. de Santillana, trad. Elias Davidovich, Casa Editora Vecchi Lda, Rio de Janeiro, 1940, p. 25.

<sup>5</sup> *Ibidem*, p. 31.

<sup>6</sup> Eudócio de Cnido, discípulo de Arquitas e Platão imaginou uma máquina ou modelo mecânico com esferas cristalinas para simular os movimentos dos planetas.

<sup>7</sup> *Les Mythes d'Homère et La Pensée Grecque*, Félix Buffiere, Paris, Société d'Édition "Les Belles Lettres", 1956, p. 212-213.

<sup>8</sup> A escola estoica foi criada por Zenão de Citio cerca de 300 AC.

<sup>9</sup> O sistema astronómico proposto por Ptolomeu, com todos os seus ciclos e epiciclos, tornou-se tão complicado que Afonso X, o Sábio, terá dito: "Se Deus me tivesse chamado para O aconselhar, em melhor ordem estariam as coisas". Esta frase do rei foi, obviamente, considerada ímpia pela maioria dos cristãos.

<sup>10</sup> *The Portuguese Discoveries and the Rise of Modern Science, Selected Studies in History of Science*, Reyer Hooykaas, Universidade de Coimbra, Coimbra, 1983, p. 584.

<sup>11</sup> A única obra que dele nos chegou, além de fragmentos de comentários aos Salmos e aos Evangelhos, foi a "Topografia Cristã do Universo", um manuscrito existente na Biblioteca de Florença que foi traduzido para francês e publicado pelo Pe. Montfaucon em 1706. Mais tarde, em 1897, surgiu uma tradução inglesa de McGrindle.

<sup>12</sup> Esta concepção faz parte das ideias cosmogónicas do Antigo Egipto, segundo as quais o Sol separava a massa líquida primordial do Nou em duas partes: uma que dava origem aos rios e oceanos e a outra, suspensa no ar, que formava a abóbada celeste em que navegavam os astros e se deslocavam os deuses. Ver: *Pequena História do Pensamento Científico*, F. Enriques e G. de Santillana, Casa Editora Vecchi Lda., Rio de Janeiro, 1940, p. 25.

<sup>13</sup> *El Cielo*, José Comas Solá, Casa Editorial Seguí, Barcelona, p.14.

<sup>14</sup> *A History of Warfare of Science with Theology in Christendom*, Andrew White, George Braziller, New York, 1955, vol. I, p.94, Vol. II, p. 325.

<sup>15</sup> A Sto. Isidoro se devem os mapa mundi do tipo T-O, assim chamados pelos historiadores modernos pela forma em T que dava ao Mediterrâneo.

<sup>16</sup> *A History of Warfare of Science with Theology in Christendom*, Andrew White, George Braziller, New York 1955, Vol. I, p. 97 3 p. 327.

<sup>17</sup> Na Europa, a Astrologia teve o seu apogeu nos séculos XV e XVI; a sua franca decadência apenas se iniciou no séc. XVIII.

<sup>18</sup> *Thesouro dos Prudentes*, Gaspar Cardoso Serqueyra, Évora, Impressão da Universidade, 1675, p.125.

<sup>19</sup> *From Magic to Science*, Charles Singer, Dover Publications, New York 1958, p. 205-213.

<sup>20</sup> *Ibidem*, p. 206.

<sup>21</sup> A ideia de que o mundo é um ovo gigante encontra-se nas tradições egípcia e grega, tendo sobrevivido na tradição alquímica.

<sup>22</sup> *Ibidem*, ps. 215-223.

<sup>23</sup> *Chronographia ou Reportorio dos Tempos*, Andre de Avelar, Impr. Jorge Rodriguez, Lisboa 1602, p. 114.

<sup>24</sup> *Ibidem*.

<sup>25</sup> Assim se denominavam os seguidores de Aristóteles. Este nome, de etimologia grega, tem origem no facto de Aristóteles se passear com os seus discípulos enquanto ensinava!...

<sup>26</sup> *Chronographia ou Reportorio dos Tempos*, Andre de Avelar, Impr. Jorge Rodriguez, Lisboa 1602, p. 114.

<sup>27</sup> Acreditava-se que havia no Firmamento apenas as 1022 estrelas que Ptolomeu tinha identificado num catálogo que elaborou após cuidadosas observações astronómicas realizadas em Alexandria, à latitude Norte de 31°.

<sup>28</sup> Designam-se por coevos as primeiras criações de Deus.

<sup>29</sup> *Astronomia nos Lusíadas*, Luciano Pereira da Silva, Rev. Univ. Coimbra, vol. IV, 1915, p. 76; Luciano Pereira da Silva, A Concepção Cosmológica nos "Lusíadas", Lusitânia, Revista de Estudos Portugueses, Fasc. V e VI, 1925, p. 236-289.

<sup>30</sup> *Astronomia nos Lusíadas*, Luciano Pereira da Silva, Rev. Univ. de Coimbra, Vol IV, 1915, p. 53.

<sup>31</sup> *Historia Ecclesiastica*, João Rodrigues Chaves, Tomo I, Lisboa, na Regia Officina Sylyiana e da Academia Real, 1744, p. 115.

<sup>32</sup> *Ibidem*.

<sup>33</sup> Temos que reconhecer que, mesmo para o homem setecentista, a teoria angélica do movimento das esferas celestes era muito mais apelativa do que a fria teoria de uma atracção gravítica ou magnética que filósofos, com laivos de ateísmo, propunham com alguma insistência já no século XVII.

<sup>34</sup> Na 2ª Epístola de S. Paulo aos Coríntios, o apóstolo afirma que um homem foi arrastado ao terceiro céu. Será que S. Paulo supunha que este era o último céu e que esta ideia terá inspirado o Pe. Borro? A mais provável fonte de inspiração de Borro talvez tenha sido, porém, o astrónomo Tycho Brahe que, perante o facto astronómico de os cometas atravessarem as esferas celestes, admitia a hipótese de haver apenas três céus fluidos: o Aéreo, o Sidéreo e o Empíreo.

<sup>35</sup> Afonso X (1221-1284), rei de Castela e de Leão, foi o grande impulsionador do movimento científico e cultural cristão-árabe da escola de Toledo. Aqui foram produzidas as Tábuas Afonsinas,

de importância fundamental para a ciência astronómica e náutica. O rei português D. Dinis, que também se distinguiu pela sua cultura, era neto de Afonso X. Sobre a importância de Toledo para a cultura filosófica europeia, ver: Charles Burnett, *Tolède, le réveil des Latins, 1000 ans de Sciences: I Le Moyen Âge, Comment les sciences s'installent en Europe*, Les Cahiers de Science & Vie, Fev. 1998, p. 24-29.

<sup>36</sup> *A Astronomia de "Os Lusíadas"*, Luciano Pereira da Silva, nova ed., Junta de Investigação do Ultramar, Lisboa 1972.

<sup>37</sup> *Os Lusíadas*, Canto X, Estância 89.

<sup>38</sup> Para Camões, o Sol era o "olho do céu"; na tradição egípcia, o Sol era o olho de Rá!...

<sup>39</sup> Numa famosa disputa académica, na Universidade de Paris, entre Jean Buridan (1300-?) e Nicole Oresme (1322-1382) no século XIV, este ilustre filósofo e bispo defendeu que era a Terra que se movia e não os céus. Ver: Bernard Ribémont, *Et si la Terre torunait (déjà) au Moyene Âge?*, Les Cahiers de Science & Vie, Aout-Sept. 2000, p. 24-33.

<sup>40</sup> Na introdução do livro de Copérnico "*De revolutionibus Orbium Coelestium*" (1543), escrita pelo seu amigo Rheticus, o sistema heliocêntrico é apresentado como hipótese matemática. Supõem alguns historiadoras da ciência que esta alteração ao pensamento de Copérnico foi feita para o proteger de acusações de heresia. Copérnico ainda viu as provas tipográficas do seu livro antes de morrer, em 1543.

<sup>41</sup> A tolerância inicial de Filipe II para com a teoria heliocêntrica talvez se deva ao facto de Copérnico ter sido um bom frade católico. Se tivesse sido protestante, a atitude do Rei teria sido bem diferente.

<sup>42</sup> A Universidade de Salamanca foi a única universidade europeia a permitir o ensino da teoria de Copérnico.

<sup>43</sup> *Power and Penury, government, technology and science in Philip II's Spain*, David C. Goodman, Cambridge University Press, 1988, p. 52-53.

<sup>44</sup> António Alberto (Banha) de Andrade, D. Rafael Bluteau, *Brotéria*, vol.41, 1945, p. 551-552.

<sup>45</sup> *Galileo's Daughter*, Dava Sobel, Walker & Company, New York, 1999, p. 62-64.

<sup>46</sup> Faltavam as experiências cruciais que permitissem demonstrar, sem margem para dúvidas, o movimento da Terra e, consequentemente, acabar com a polémica entre os defensores dos vários sistemas cosmológicos. A demonstração do movimento de translação da Terra esteve ligada à questão da velocidade da luz. Primeiro, com a experiência de Roemer que permitiu avaliar, em 1676, a velocidade da luz admitindo que a Terra se encontrava a diferentes distâncias de Júpiter no seu trajecto ao longo da órbita; segundo, com a descoberta da aberração estelar por Bradley, em 1728, um fenómeno só explicável pela velocidade do movimento de translação da Terra, sendo por isso considerada a primeira demonstração experimental da revolução da Terra. O movimento de rotação da Terra foi experimentalmente demonstrado por Foucault apenas em 1850, usando um pêndulo, e, em 1851, usando um giroscópio.

<sup>47</sup> *Specimen Cometologiae Sacrae*, Heyn, Leipzig, 1742, p. 10.

<sup>48</sup> O conteúdo deste artigo foi compilado do livro do mesmo autor "*Histórias da Luz e das Cores*" a publicar brevemente pela Universidade do Porto.