

DE TALES A PTOLOMEU: UM BREVE PANORAMA HISTÓRICO DOS PRINCIPAIS SISTEMAS COSMOLÓGICOS GREGOS

Gil Alves Silva¹

¹D.Sc. HCTE/UFRJ

¹gilalvessilva@yahoo.com.br

Resumo

A história da Grécia Antiga estende-se desde a civilização micênica até a conquista de toda a bacia do Mediterrâneo pelos romanos. O período que sucedeu a ascensão das cidades-estados gregas e a literatura épica de Homero viu o nascimento da ciência grega – uma tentativa de racionalizar o mundo da experimentação natural, sem recorrer à intervenção divina. Nesse cenário, as explicações para os fenômenos naturais e as concepções do cosmo passam a ser baseadas em experiência e observação. O objetivo deste trabalho é traçar um breve panorama histórico dos principais sistemas cosmológicos gregos. Impossibilitados de reproduzir todo esse período histórico, selecionamos um conjunto de episódios considerados relevantes para a narrativa. Foi feito um esforço no sentido de compactá-la, porém sem deixar de incluir nessa síntese as inflexões históricas julgadas mais importantes. O relato privilegiará o desenvolvimento dos sistemas cosmológicos, embora fatos de interesse sobre a vida e a obra dos principais personagens possam aparecer ao longo do texto. Esclarecimentos e/ou informações adicionais serão dados nas notas de rodapé.

Palavras-chave: cosmologia; Grécia; história.

1. Cosmologias gregas pré-ptolomaicas

As qualidades da ciência grega aparecem pela primeira vez com a escola jônica da qual Tales de Mileto (c.624–546 AEC¹) foi fundador e seu maior expoente. Astrônomo e matemático, Tales trouxe do Egito alguns conhecimentos de geometria – ramo da matemática em que os gregos se tornariam mestres, e teve algumas

¹ Antes da Era Comum – anos que antecederam o nascimento de Cristo.

ideias consideradas revolucionárias para a época: sugeriu, p. ex., que o Sol e as estrelas não eram deuses, mas sim bolas de fogo (CARVALHO, 2000). Acreditava que a Terra era um disco plano boiando na água, e que esta era o constituinte básico de todas as coisas – a matéria fundamental de que o cosmo era constituído. Baseado na observação e na experiência, Tales foi um dos primeiros pensadores a fornecer explicações naturais sobre o mundo. Sua maior façanha também está ligada à astronomia: a ele é atribuída a previsão de um eclipse total do Sol em 28 de maio de 585 AEC – fato que cessou uma guerra entre medos e lídios que já durava seis anos.

Contemporâneo mais jovem de Tales, Anaximandro de Mileto (c.610–547 AEC) foi outra figura notável da astronomia grega. Anaximandro concebeu um universo constituído por uma matéria eterna, origem de todas as coisas que existem no cosmo. Acreditava que havia um número infinito de mundos, e que os objetos celestes (Sol, Lua, planetas e estrelas) estavam acomodados em camadas esféricas. Para ele a Terra era um cilindro flutuando no centro do universo, sem qualquer suporte, com o homem vivendo sobre uma de suas bases.

Pitágoras de Samos (c.570-495 AEC) foi quem primeiro tentou explicar o movimento do Sol e dos planetas pela combinação de movimentos circulares uniformes. Acreditava que os planetas deveriam girar regularmente ao redor da Terra na mais simples das curvas – o círculo, e que o céu e a Terra eram esféricos (visão que provocaria o mais profundo efeito sobre a astronomia grega e na Europa medieval). O amor dos pitagóricos pela simetria e pelos números levou-os a acreditar que os movimentos dos objetos celestes poderiam ser descritos através de relações matemáticas, expressas em termos de intervalos sonoros (reza a lenda que somente Pitágoras tinha o dom de ouvir a “música das esferas”).

O ponto de vista de que a Terra era um planeta parece ter sido adotado pela primeira vez por um dos discípulos de Pitágoras, Filolau de Croton (c.470-385 AEC). Acreditando que o número de corpos celestes deveria ser dez (o número mágico dos pitagóricos), Filolau colocou no centro do universo um “fogo central” estacionário, em torno do qual giravam a Terra, a Lua, o Sol, os cinco planetas e a esfera das estrelas (essa última com movimento mais lento). A Terra estava protegida deste “fogo

central” pela “contra-Terra” – o décimo corpo celeste, situado entre os dois e que orbitava o “fogo central” com a mesma velocidade da Terra, impedindo que os terráqueos enxergassem esse fogo. Apesar de estranho, o modelo de Filolau era ousado: trazia a Terra como um planeta que girava ao redor de outro corpo (revolução), além de mostrá-la dotada de um movimento em torno de seu próprio eixo responsável pela sucessão dos dias e das noites (rotação). Essa visão revolucionária fez com que os pitagóricos se tornassem uma das mais influentes escolas de pensamento gregas.

Platão (c.427–348 AEC), considerado uma das figuras mais importantes do mundo grego, foi discípulo de Sócrates, e a ele devemos as referências a seu mestre. Acreditava que a Terra era esférica e estava imóvel no centro do universo, com a Lua, o Sol e os planetas (nessa ordem) movendo-se em torno dela. Partidário da astronomia pitagórica, Platão propôs que o movimento circular uniforme era o único capaz de reproduzir os deslocamentos aparentes dos planetas no céu. Defendia que os astrônomos deveriam apenas preocupar-se em “salvar as aparências”, ou seja, criar um modelo geométrico-matemático que permitisse descrever os movimentos dos planetas empregando unicamente círculos. Embora seu maior estímulo à ciência grega esteja na importância que atribuía à matemática e a dialética², a geometrização da esfera celeste³ proposta por Platão influenciou de forma significativa a construção dos modelos cosmológicos gregos posteriores.

Aristóteles (384–322 AEC) foi aluno de Platão e considerado um dos mais influentes filósofos gregos. Na cosmologia aristotélica a Terra estava imóvel no centro do universo, rodeada por nove esferas concêntricas e transparentes⁴. A primeira esfera – a mais interna – era a da Lua, depois vinham Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter e Saturno. A mais externa era a esfera das estrelas fixas (para além

² No platonismo, método de argumentação ou de exposição onde ideias contraditórias eram confrontadas com o objetivo de separar a opinião (*dóxa*) do conhecimento ou ciência (*epistême*).

³ Superfície de uma esfera imaginária com raio arbitrariamente grande (com o observador ocupando seu centro), onde os antigos imaginaram estivessem situados todos os astros. Para saber mais, ver BOCZKO (1984).

⁴ A crença na existência de esferas cristalinas nas quais os corpos celestes estavam presos parece ter surgido com Anaxímenes de Mileto (c.550-480 AEC), discípulo de Anaximandro, e ganhou notoriedade com Eudoxo de Cnidos (c.390-340 AEC), discípulo de Platão que ficou famoso por sua teoria das esferas homocêntricas. Para mais informações acerca desse brilhante geômetra e seu engenhoso esquema matemático, ver VERDET (1991) e MOURÃO (2004).

dela existia a esfera do Primeiro Móvel – Deus⁵, que movimentava toda a máquina do mundo). Aristóteles acreditava que os corpos celestes se moviam em órbitas circulares, e que as esferas que sustentavam seu modelo de universo tinham uma existência física real. Como nunca observou nenhuma alteração no céu, considerou que este era perfeito e imutável, e que estrelas e planetas formavam o mundo supralunar, de uma quintessência eterna (que ele chamou *Éter*), não corruptível. A esfera abaixo da Lua (mundo sublunar) era efêmera e mutável, sujeita a fenômenos transitórios (como o aparecimento de cometas e outros fenômenos meteorológicos). Nessa esfera, as mudanças e transformações eram restritas aos quatro elementos comuns: ar, água, fogo e terra⁶.

Mesmo com a importância que teve na cultura grega, nem todos compartilharam das ideias de Aristóteles. Entre estes devemos destacar o matemático e astrônomo Aristarco de Samos (c.310–230 AEC), que imaginou métodos bastante originais⁷ para medir as distâncias relativas entre o Sol e a Lua (baseado na geometria das fases desta última) e os tamanhos relativos da Terra e da Lua (baseado na sombra projetada pelo nosso planeta durante um eclipse lunar).

Embora os valores numéricos estivessem errados, os resultados qualitativos estavam corretos, isto é, o Sol é maior do que a Terra e esta é maior do que a Lua. Também acertou com relação às distâncias, ou seja, a distância da Terra ao Sol é superior à da Terra à Lua. Dotado de bom senso, Aristarco utilizou estes resultados e interpretou corretamente que se a Lua girava ao redor da Terra e o Sol era o maior dos três objetos, seria natural que Terra e Lua – além dos outros planetas – tivessem um movimento ao redor do Sol. Assim, na falta de instrumentos que lhe permitissem ângulos com precisão e usando a trigonometria elementar da época, Aristarco pode ser considerado o primeiro astrônomo a propor um sistema heliocêntrico, com o Sol estacionário no centro do universo.

Além da sua teoria heliocêntrica, Aristarco acreditava que o movimento aparente das estrelas fixas era provocado pela rotação diária da Terra em torno de

⁵ A noção cristã de Deus foi associada ao Primeiro Móvel aristotélico pelos filósofos escolásticos do século XIV.

⁶ A teoria dos quatro elementos foi proposta pelo filósofo Empédocles de Agrigento (c.490-430 AEC).

⁷ Para saber sobre os princípios e resultados envolvidos nesses métodos, ver VERDET (1991) e CARVALHO (2000).

seu eixo. Essa ideia também era compartilhada por outro discípulo de Platão, o filósofo grego Heráclides do Ponto (c.388-312 AEC), o primeiro a propor um sistema semi-heliocêntrico. Perturbado com a irregularidade no movimento aparente dos planetas, Heráclides constatou que Mercúrio e Vênus nunca se afastavam muito do Sol, levando-o a supor que esses planetas giravam ao redor do Sol, e não da Terra. Então, embora a Terra estivesse fixa no centro do universo, Mercúrio e Vênus orbitariam ao redor do Sol, que por sua vez circundava em volta da Terra.

Considerado por muitos o maior observador celeste da antiguidade, o astrônomo Hiparco de Nicéia (c.190-125 AEC) parece ter realizado suas observações em Rodes e em Alexandria, entre os anos de 161 e 127 AEC⁸. Hiparco não inovou na teoria planetária, apenas assinalando alguns erros cometidos pelo matemático grego Apolônio de Perga (c.260-190 AEC) na sua teoria dos epiciclos e deferentes⁹. Pensava que o modelo de Aristarco era muito complicado, e em virtude disso preferiu um modelo cosmológico geocêntrico. Suas observações rigorosas mostravam que o Sol não tinha um movimento uniforme, donde concluiu que seu movimento em torno da Terra era efetuado num círculo – o excêntrico – cujo centro geométrico não mais se encontrava no centro da Terra, ou seja, o centro cosmológico (Terra) estava afastado do centro geométrico de um círculo deferente.

2. O sistema geocêntrico de Ptolomeu

Depois de Hiparco entramos num período que durou cerca de três séculos, e do qual pouco se sabe quanto ao desenvolvimento da astronomia grega. Conhecemos os pormenores das teorias astronômicas de Hiparco através do trabalho do astrônomo e geógrafo alexandrino Claudio Ptolomeu (c.100-178), que por volta da metade do século II aprimorou suas observações e ampliou seu catálogo estelar numa obra chamada *Mathematike syntaxis* – posteriormente

⁸ Um de seus trabalhos mais notáveis foi a compilação de um catálogo com a posição de aproximadamente 850 estrelas. Este catálogo – o mais preciso produzido até então – também introduzia o conceito de magnitude (ou brilho) de uma estrela, onde as estrelas mais luminosas eram de “primeira magnitude”, e as que estavam no limiar da visão eram as de “sexta magnitude”. Hiparco também descobriu a precessão dos equinócios.

⁹ Os planetas não giravam em torno da Terra, mas orbitavam um círculo denominado epiciclo – que por sua vez realizava um movimento ao redor de um círculo maior – o deferente – em cuja borda se deslocava o centro do epiciclo. Para mais informações sobre epiciclos e deferentes e sua utilização nos modelos cosmológicos gregos, ver RONAN (1987), VERDET (1991), CROWE (2001), MOURÃO (2004) e OLIVEIRA & SARAIVA (2004).

conhecida com o título árabe de *Almagesto* (A Grande Compilação), considerado o mais completo resumo do conhecimento astronômico antigo.

Seguindo a tradição platônica, Ptolomeu adotou a ideia que as trajetórias dos astros deveriam ser descritas como uma combinação de movimentos circulares uniformes. Sua cosmologia tinha como diretrizes básicas a esfericidade da Terra e do céu, com nosso planeta ocupando – imóvel – o centro do cosmo. Ao tratar o movimento do Sol, Ptolomeu seguiu as observações de Hiparco sem alterações. Com relação à Lua, aperfeiçoou as teorias anteriores.

Mas um dos maiores desafios da astronomia antiga era conseguir que os modelos cosmológicos reproduzissem o movimento retrógrado dos planetas. Quando constatou a necessidade de realizar algumas mudanças para legitimar as observações, Ptolomeu criou o equante¹⁰: um ponto a partir do qual o movimento de um planeta permaneceria uniforme. Utilizando o centro do deferente como referência, o equante era um ponto simetricamente oposto a Terra – ou seja, a distância do equante ao centro geométrico do círculo (o deferente) equivalia à distância deste centro ao centro da Terra. A partir dele pode-se falar em movimento circular em relação ao centro do círculo, e de movimento uniforme em relação ao equante – mas não de movimento circular uniforme. Esse artifício corrigia as principais irregularidades observadas no movimento aparente dos planetas.

O modelo de Ptolomeu não era diferente do cosmo aristotélico, alterado e desenvolvido de forma a melhor “salvar as aparências”. Sua contribuição em relação aos modelos cosmológicos anteriores foi, sobretudo, no aspecto técnico, com a introdução do equante – embora este ponto fictício violasse a norma de que os movimentos planetários deveriam ocorrer com velocidade angular constante **ao redor da Terra**. Mesmo assim, é extraordinário como, utilizando o cosmo ptolomaico, os astrônomos medievais conseguiam prever a posição dos astros com uma precisão relativamente boa, perpetuando o *Almagesto* como a “Bíblia” da astronomia por quatorze séculos.

¹⁰ Para mais informações sobre o ponto equante e sua utilização nos modelos cosmológicos gregos, ver RONAN (1987), VERDET (1991), CARVALHO (2000), CROWE (2001), MOURÃO (2004) e OLIVEIRA & SARAIVA (2004).

3. Considerações Finais

Ptolomeu foi o ápice de um progresso intelectual magnífico – o último grande nome científico da antiguidade grega. Os pensadores gregos começaram como filósofos que quiseram dar sentido ao mundo físico em que viviam. Utilizaram círculos e esferas em cosmologia – inovações fundamentais. Antes deles as cosmovisões não tinham nenhum compromisso com a razão, e as explicações para os fenômenos da natureza tinham causas sobrenaturais ou teológicas. Parece que coube aos gregos refutar todas as lendas e folclores, e mesmo com as limitações de suas cosmologias começam a surgir esquemas coerentes da criação, onde hipóteses sustentadas por leis naturais começam a substituir as mitologias anteriores.

Referências

- BOCZKO, R. *Conceitos de astronomia*. São Paulo: Edgard Blücher, 1984.
- CARVALHO, J. P. M. *Odisséia no tempo: introdução à história da Astronomia*. Porto: Universidade do Porto, 2000.
- CROWE, M. J. *Theories of the world from antiquity to the Copernican Revolution Second Revised Edition*. New York: Dover Publications, 2001.
- MOURÃO, R. R. F. *Kepler: a descoberta das leis do movimento planetário*. São Paulo: Odysseus Editora, 2003.
- _____. *Copérnico: pioneiro da revolução astronômica*. São Paulo: Odysseus Editora, 2004.
- OLIVEIRA, K.; SARAIVA, M. F. *Astronomia e astrofísica*. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2004. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/index.htm>>. Acesso em: 13 jul. 2016.
- RONAN, C.A. *História Ilustrada da Ciência*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1987. 4 v.

VERDET, J.P. *Uma História da Astronomia*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1991.