

TEXTO 2

Cláudio Ptolomeu

(87 - 151)

A Baixa Idade Média passou à história como um dos mais negros períodos por que passou a cultura da humanidade. As formas mais extremadas de obscurantismo caracterizavam o pensamento filosófico, e, por decorrência, todos os ramos de atividade. A ciência com isso se estagnou em muitos de seus ramos, não sendo raros os casos em que sofreu franco retrocesso.

Por ser uma atividade (naquela época) preponderantemente especulativa, a astronomia e sua irmã, a cosmogonia, sentiram todo o impacto desse estado de coisas: em 1400, a Europa conhecia menos sobre o cosmos do que a Grécia conhecera, 19 séculos antes.

A Terra consolidara-se como o centro estático do universo: em torno dela giravam planetas e estrelas, fixos em imaginárias esferas giratórias de cristal.

Essa concepção cosmogônica teve suas primeiras origens com o astrônomo Hiparco de Nicéia, no século II a.C., sendo aperfeiçoada por outros pensadores, notadamente Cláudio Ptolomeu.

Célebre astrônomo, geógrafo e matemático, supõe-se que Ptolomeu tenha nascido em Tolemaida Herméia, colônia grega no Egito. Desconhece-se o ano, mas, com base em suas observações astronômicas, pode-se estabelecer com certeza quase absoluta que viveu em Alexandria o mais importante centro cultural da época - de 127 a 145. Nesse período seu trabalho atingiu o apogeu. Talvez tenha trabalhado até o ano de 151. Segundo a tradição árabe, Ptolomeu morreu aos 78 anos de idade.

Com seus estudos e seus livros Ptolomeu contribuiu para todos os ramos do saber científico. Infelizmente, parte de seus escritos perdeu-se: os que restam, no entanto, são suficientes para documentar a importância de seu trabalho.

Sua obra mais importante é *a Síntese Matemática*, compêndio astronômico composto de 13 livros, nos quais apresenta e desenvolve argumentos a favor da teoria geocêntrica do universo. A obra passou em seguida a ser chamada pelo nome de *O Grande Astrônomo*. No século IX, os astrônomos árabes usavam o superlativo *Magiste* (O Maior) para se referir à obra. Desse termo, ao qual foi acrescentado o artigo árabe *Al*, surgiu o nome *Almagesto* (*A1-Magiste*), com o qual a obra é conhecida hoje.

No primeiro livro Ptolomeu defende, em linhas gerais, a teoria geocêntrica; o segundo contém uma tabela de cordas e rudimentos de trigonometria esférica; no terceiro fala a respeito do movimento do Sol e da duração do ano; o quarto livro trata do movimento da Lua e da duração dos meses; o quinto livro abrange as mesmas questões tratadas no quarto, bem como as distâncias do Sol e da Lua, além de descrever o astrolábio (antigo instrumento para tomar a altura dos astros); os eclipses do Sol e da Lua são tratados no sexto livro, que contém uma tabela desses acontecimentos, além de uma tabela de conjunções e oposições dos planetas; os dois livros seguintes, o sétimo e o oitavo trazem um catálogo de 1022

estrelas; os cinco últimos, finalmente, são dedicados exclusivamente à exposição detalhada da teoria geocêntrica.

Trabalho de natureza enciclopédica, o *Almagesto* tornou-se o principal texto sobre astronomia nos dezesseis séculos seguintes, até que Kepler forneceu os argumentos que consolidaram definitivamente a teoria heliocêntrica formulada por Copérnico.

Segundo Ptolomeu, os planetas, o Sol e a Lua giravam em torno da Terra na seguinte ordem: Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter e Saturno. Com a ajuda da trigonometria, Ptolomeu estudou o movimento desses astros, mas propôs uma explicação muito simplista para o problema do movimento aparente dos planetas: em determinados pontos de suas órbitas eles parecem deter-se, inverter seu movimento, deter-se novamente, finalmente mover-se na direção primitiva. Esses fenômenos devem-se, na realidade, ao fato de a Terra e os planetas moverem-se com velocidades diferentes em órbitas aproximadamente concêntricas e circulares. Ptolomeu, porém, para procurar explicar esse fenômeno aparentemente tão estranho, elaborou um sistema bastante complicado, embora geometricamente plausível. Os planetas estariam fixados sobre esferas concêntricas de cristal, presididas pela esfera das estrelas. Todas essas esferas girariam com velocidades diferentes, o que, julgava Ptolomeu, explicava as diferentes velocidades médias com que se moviam os diversos planetas.

Mas restava ainda explicar os movimentos retrógrados e as "paradas" dos planetas. Ptolomeu foi então obrigado a fazer os planetas executarem movimentos em epiciclo: cada um deles girava descrevendo círculos (os epiciclos) sobre uma esfera menor, cujo centro estava situado sobre a esfera maior. Assim o céu encheu-se de várias rodas-gigantes. Com o passar do tempo, porém, foi-se percebendo que o mecanismo não explicava satisfatoriamente os movimentos celestes. Como resultado, o número de epiciclos cresceu enormemente, de tal forma que, ao tempo de Copérnico, a confusão formada pelas centenas de rodas-gigantes dentro de rodas-gigantes era tão grande que já escapara da compreensão dos estudiosos. Para coroar o complicadíssimo mecanismo, os teólogos medievais povoaram o céu com exércitos de anjos, querubins, etc., cada qual responsável por um epiciclo.

Ptolomeu aperfeiçoou também a teoria lunar de Hiparco, estabelecendo uma lei para o fenômeno da evecção, já observado por este último. Consiste em uma irregularidade no movimento lunar, devida à atração do Sol. De fato, pela influência da atração solar, a trajetória da Lua não descreve uma órbita elíptica constante, podendo estar antecipada ou retardada em relação à posição que deveria ocupar se seu movimento fosse uniforme.

O valor calculado por Ptolomeu para a evecção lunar estava muito próximo do adotado atualmente. Além disso, Ptolomeu elaborou tabelas do movimento lunar que foram utilizadas até o tempo de Copérnico.

As concepções cronológicas de Ptolomeu encontram-se também em sua obra *Introdução Geográfica*, comparável ao *Almagesto* pela influência que exerceu no mundo científico durante muitos séculos. É composta de oito livros e de 27 mapas, na maioria alterados por desenhistas medievais.

Para determinar a posição de pontos geográficos, Ptolomeu seguia o método de Hiparco, dando sua longitude e latitude. Dividiu o equador, como

Hiparco, em 360 partes (graus), traçando meridianos e paralelos. Todavia, ao considerar o valor da circunferência da Terra a fim de poder calcular as distâncias entre os vários pontos, Ptolomeu cometeu um erro que acarretou uma série de imprecisões. Ao invés de adotar a medida encontrada por Eratóstenes no século 11 a.C., que dava o valor da circunferência da Terra muito próximo ao que hoje é aceito, Ptolomeu achou melhor adotar a medida de Possidônio (135-50 a.C.), quase 30% menor.

Como consequência, houve um erro constante na longitude, que foi sempre calculada inferior à realidade. O engano repercutiu proporcionalmente na latitude, e por isso nos mapas de Ptolomeu as regiões aparecem sempre alongadas, ou seja, longitudinalmente achatadas. As latitudes meridionais foram deslocadas para o norte, fazendo com que as terras conhecidas na época ficassem todas situadas no hemisfério boreal.

Ainda segundo os cálculos de Ptolomeu, a Ásia estendia-se muito mais para leste do que na realidade. Nesse caso, seguindo a direção leste-oeste, a Europa estaria próxima à extremidade oriental da Ásia. Foi esse erro que levou Colombo a se aventurar na realização de sua viagem em direção às Índias, encontrando o continente americano.

O trabalho de Ptolomeu na matemática foi muito importante e revela seu profundo conhecimento de geometria.

Na obra denominada *Analema*, ele fornece uma série de métodos e regras para a construção de relógios solares. Em *O Planisfério*, encontrado somente na tradução latina feita de um texto árabe, trata das projeções a serem utilizadas na construção de globos e mapas terrestres: aí Ptolomeu utilizou o pólo sul como centro de projeção.

Preparou também um calendário no qual dava a hora em que as várias estrelas apareciam e desapareciam no céu, no alvorecer e no crepúsculo. Esse trabalho faz parte de uma obra em dois volumes, denominada *Hipóteses Planetárias*.

Alguns antigos comentaristas mencionam mais dois trabalhos sobre geometria, desconhecidos atualmente. No primeiro, chamado *Sobre a Dimensão*, Ptolomeu prova que não existem mais do que três dimensões no espaço. O outro contém a demonstração dada por ele para provar o teorema de Euclides sobre as paralelas. Foram também a ele atribuídos três trabalhos sobre mecânica.

O trabalho de Ptolomeu sobre os fenômenos ópticos está contido na *óptica*, que não existe no original grego, mas apenas numa tradução latina feita de uma cópia árabe do século XII. Há indícios de que a obra original era composta de cinco livros. No último deles, Ptolomeu trata da teoria da refração e discute esse fenômeno na observação de corpos celestes situados em diferentes altitudes.

Finalmente, Ptolomeu escreveu um tratado sobre música. Conhecido como *Harniônica*, foi publicado em grego e latim.

Nicolau Copérnico (1473 – 1543)

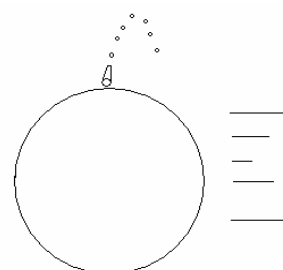
Copérnico viveu no século XVI, numa época em que os dogmas da Igreja eram absolutamente incontestáveis. Acredita-se que pelo menos 30 mil mulheres tenham sido queimadas acusadas de feitiçaria. Nesse contexto, era uma heresia considerar que a Terra não era o centro do Universo.

A idéia ptolomaica de que a Terra era o centro do Universo passou a constituir um artigo de fé, confirmado por passagens da Bíblia. Nem católicos nem protestantes poderiam contestá-la.

A sua maior obra, '*De Revolutionibus Orbium Coelestium*' foi escrita em latim, fato que limitava seu acesso a grupos intelectuais da época, pois era a língua oficial de todas as ciências da época. Mas, além de tudo, o livro, dividido em seis seções, era um tratado técnico inteligível apenas por astrônomos e matemáticos. Acredita-se que Copérnico só não foi duramente reprimido pela Igreja, porque apresentava a sua teoria como uma "suposição" e não como afirmação categórica. Além disso, sua teoria foi duramente criticada pelos pensadores da época que acreditavam ainda no modelo Geocêntrico de Ptolomeu, tanto que a obra de Copérnico só foi publicada no ano de sua morte.

Apesar de não ser perseguido pela Igreja, Copérnico foi duramente criticado pelos cientistas da época. Um dos motivos das críticas para a Teoria Geocêntrica:

Se a Terra estivesse em movimento, ao lançarmos um objeto para cima ele cairia em um lugar diferente daquele em que foi lançado.



Johann Kepler

(1571 - 1630)

Entre a segunda metade do século XVI e os primeiros anos do século XVII, a civilização européia sofria turbulentas transformações. A influência cultural da Renascença, a Reforma de Lutero e o descobrimento da América haviam abalado todo o edifício de idéias políticas, sociais, religiosas e científicas.

Nesse conturbado período, entrechocavam-se velhas e novas idéias científicas e consolidava-se também a atitude de objetividade que até hoje caracteriza a ciência moderna. No campo particular da astronomia, a contribuição somada de Copérnico, Kepler, Tycho Brahe e Galileu iria destruir o consenso milenar estabelecido pelas teorias de Ptolomeu em seu *Almagesto*.

Sintomaticamente, cada um desses homens notáveis teve de enfrentar toda sorte de obstáculos para impor suas teorias. O trabalho de todo cientista, então, dependia do caprichoso consentimento dos governantes e da Igreja. Embora o progresso da Ciência ainda hoje dependa principalmente de verbas de pesquisa governamentais ou empresariais, nos países industrializados ocorre muito menos interferência de ordem pessoal. Mas não era assim naquela época.

Kepler e seus contemporâneos dependiam de caprichosos favores dispensados pela nobreza ou pelo clero para que pudessem realizar seus estudos. Além disso, perseguições movidas pelo pensamento obscurantista os forçaram, mais de uma vez, a apelar para recursos fraudulentos que, em outras circunstâncias, pareceriam repugnantes ao cientista moderno.

Dentro desse panorama tão adverso, o espírito de Kepler só pôde sobressair e impor-se como resultado de uma conjugação de qualidades, sobretudo perseverança, resignação e fé na própria capacidade.

As desventuras e dificuldades de Kepler começaram muito cedo, nas próprias bases instáveis do lar. O pai, um soldado mercenário, sem vocação para a vida familiar, abandonou a esposa quatro vezes. Segundo alguns biógrafos, o desinteresse paterno encontrava boa justificativa na fraca personalidade da mulher.

Johannes Kepler nasceu a 27 de dezembro de 1571, em Weil, província de Württemberg, Áustria. Segundo ele mesmo comentaria mais tarde com alguma ironia, o nascimento parece não ter sido presidido por uma configuração favorável dos astros. Ao longo de sua vida infeliz, uma sucessão de infortúnios desanimadores viria a ocorrer. Logo na infância, de fato, a varíola e a escarlatina viriam deformar-lhe as mãos e debilitar irremediavelmente a visão.

Mesmo doentio, teve de interromper os estudos iniciados em Leonberg para ajudar a mãe no restaurante que ela dirigia em Ellmendingen. Mas, com apenas doze anos, frágil de constituição, o garoto não poderia mostrar grande valia no duro trabalho da taverna. E, assim, foi-lhe permitido retomar os estudos.

Em 1584, com treze anos, ingressou no Seminário de Adelberg. Transferiu-se depois para o de Maulbronn e finalmente entrou no Seminário de Tübingen, passo decisivo em sua formação. Ali tornou-se o aluno predileto do Padre Michel Mästlin, astrônomo de grande fama na época e de prestígio perpetuados até hoje (uma das crateras da Lua leva seu nome. Foi através de Mästlin que Kepler conheceu as idéias de Copérnico. Embora ensinasse astronomia no seminário segundo as idéias de

Ptolomeu, para alunos particulares e de confiança, como Kepler, o mestre revelava a concepção de Copérnico, secretamente adotada.

Em 1591, com apenas vinte anos, Kepler já estava diplomado em filosofia e passava a estudar teologia, seu assunto favorito. Necessidades financeiras, porém levaram-no a aceitar o cargo de professor de matemática e astronomia num ginásio de Steyr. A contragosto, portanto, teve de renunciar à carreira eclesiástica e dar atenção à astronomia, que detestava, apesar de seu interesse pela matemática. Dois anos depois, a astronomia estaria ocupando prioridade absoluta em seu pensamento.

Tão acentuado era seu gosto pela matéria, que publicou precocemente uma intitulada *Mysterium Cosmographicum*. Não chegava a ser um trabalho brilhante, sobretudo pelas falhas de objetividade causadas por seus preconceitos místicos. Mas, no livro, Kepler apresentava alguns corajosos argumentos em apoio à hipótese de Copérnico. E, com isso, o autor conseguiu atrair a atenção de outros cientistas. Galileu, por carta, elogiou o trabalho; e Tycho Brahe enviou-lhe um convite para encontrá-lo em Praga, onde exercia o cargo de astrônomo oficial da corte do Imperador Rodolfo II. Kepler aceitou poucos anos depois.

Em 1597, com 26 anos, Kepler desposou uma rica e jovem viúva, Barbara Müller. Os biógrafos discordam na avaliação dessa personagem e sobre sua importância na carreira de Kepler. É fato, porém, que o ano imediatamente posterior ao casamento foi bastante sereno e fecundo para Kepler. A relativa tranquilidade voltou a ser turbada por um acontecimento histórico que nada tinha a ver com a vida conjugal do cientista: Ferdinando sucedeu a Karl, como arquiduque da Áustria, e logo a seguir decretou o exílio de todos os protestantes. Isso incluía Kepler, que era protestante devoto.

A princípio seu prestígio científico mereceu uma intercessão surpreendente por parte dos jesuítas. Mas a hostilidade reinante acabou por forçá-lo a decidir-se: mudou para Praga, onde trabalharia como assistente de Tycho Brahe.

Na capital da Boêmia, tudo começou mal. A saúde entrou em crise, a personalidade dominadora e irritadiça de Tycho Brahe pressionava e os caprichos do imperador embargavam o trabalho. Na época, era função dos astrônomos da corte fornecerem horóscopos e toda sorte de predições, tarefas julgadas mais importantes do que as atividades científicas. Além dessas humilhantes imposições do imperador, os dois cientistas sofriam também com a inércia e a má-fé dos tesoureiros imperiais; atrasos de pagamentos faziam parte da rotina.

Com o tempo, porém, Kepler e Tycho Brahe foram resolvendo seus problemas de relacionamento. O interesse científico de ambos e o fascínio das descobertas que faziam no observatório eram comungados pelos dois. E, como esse interesse comum fosse predominante para ambos, acabaram amigos e colaboradores. Quando Tycho Brahe morreu, em 1601, a colaboração ainda não seria interrompida: por sua indicação, Kepler iria sucedê-lo como diretor do observatório montado escrupulosamente anos antes. Por outro lado, Kepler prometeu ao moribundo concluir a compilação dos dados acumulados pelo amigo; reuniria, organizaria e completaria as informações e os cálculos legados por Tycho Brahe.

Entre esses trabalhos, que Kepler continuaria, incluía-se uma série sistemática de medidas das posições que os planetas vinham ocupando em redor do Sol. Tycho Brahe tinha esperança de que o cotejo dos dados reunidos, e mais alguns, levariam a um arbítrio final da questão entre seguidores de Copérnico e de Ptolomeu.

As leis de Kepler

Assim, a partir dos trabalhos de Tycho Brahe, Kepler chegou a decifrar o enigma do movimento dos planetas. Não apenas pôde demonstrar que os planetas giram em torno do Sol, mas também que as órbitas descritas são elípticas, não circulares, como supusera Copérnico.

Em 1609, Kepler publicou sua obra fundamental, *Astronomia nova... de motibus stellae Martis*, em que pela primeira vez eram enunciadas as duas leis do movimento planetário que levam seu nome: os planetas apresentam órbitas elípticas, nas quais o Sol ocupa um dos focos; e, ainda, o raio vetorial que une o Sol a um determinado planeta traça áreas iguais em igual período de tempo. Foi a partir dessas observações que Newton, mais tarde, pôde enunciar a lei da gravitação universal. A obra continha, além disso, afirmações referentes à gravidade e estudava o movimento das marés, atribuído por Kepler à atração da Lua.

Simultaneamente, nesse período produtivo de sua vida, Kepler aperfeiçoou os instrumentos ópticos requeridos pela observação. Na luneta de Galileu, por exemplo, Kepler introduziu um aperfeiçoamento essencial: a ocular formada por uma lente convergente, até hoje chamada kepleriana.

Mas, a par do êxito científico, continuava a persegui-lo a má sorte. A saúde continuava combalida, a esposa faleceu, a pobreza e a doença lhe roubaram três dos sete filhos. Também o ressentimento religioso, provocado por suas idéias revolucionárias, haveria de causar-lhe muitas aflições e até a excomunhão.

Em 1612, passou a faltar-lhe o apoio precário da casa imperial. Rodolfo falecera e fora sucedido por Matias. Para obter alguma renda (afora a das fraudulentas predições astrológicas), Kepler teve de aceitar o cargo de professor em Linz. Em 1613 desposou Susanna Reuttinger, mas essa tentativa de normalização de sua vida pouco durou. Em 1616, a mãe foi aprisionada por acusação de feitiçaria. Entre 1616 e 1622, Kepler fez numerosas e difíceis viagens a Württemberg para tratar da defesa da mãe. Só essa atuação perseverante e seu prestígio científico levaram os juizes a libertar a acusada.

À morte do Imperador Matias, numa Alemanha conturbada pela Guerra dos Trinta Anos, Kepler andou muito tempo sem emprego, assediado pela miséria e pelos problemas religiosos advindos de sua fé obstinada. Só em 1627 é que poderia cumprir a promessa feita ao amigo e mestre de Praga. Nesse ano publicou *as Tabelas de Tycho Brahe*. A obra incluía tábuas de logaritmos e um catálogo de 777 estrelas, aumentado por Kepler para 1005. Durante mais de um século, apesar de alguns erros, essas tabelas seriam adotadas pelos astrônomos para calcular a posição dos planetas.

Em 1628 conseguiu o cargo de matemático na corte do príncipe de Wallenstein (na verdade, com funções de adivinho). Em 1630, no curso de uma viagem a Ratisbona, a doença finalmente o abateu; faleceu em 15 de novembro, num dia hibernal e triste como sua vida, longe de amigos e da família.

Embora criticado por seus preconceitos pitagóricos e pelo misticismo manifesto de sua personalidade, Kepler talvez haja conseguido revolucionar a Ciência justamente em função desse traço de caráter. A fé que o levou a suportar toda a adversidade concedeu-lhe também energia para a perseverante busca da verdade, contra o consenso científico da época.