

# COPÉRNICO ENTRE O KÓSMOS E O UNIVERSO INFINITO

ANDRÉ MENEZES ROCHA \*

## 1 O PROBLEMA QUE COPÉRNICO QUIS RESOLVER

O problema astronômico da época era a correção do calendário eclesiástico. Copérnico, ele mesmo, deixa claro, ao menos em duas passagens do prefácio dirigido ao papa Paulo III, que sua obra vem para resolver este problema.

Quanto aos matemáticos que lidavam com a hipótese geocêntrica, escreve que “[...] eles não podem demonstrar a grandeza perpétua do ano do astro (Sol) ao transladar.”<sup>1</sup>

Ao fim do prefácio, Copérnico deixa claro seu propósito:

Os matemáticos escrevem sobre as matemáticas pelas quais, se não me engano, eles parecem ser ainda úteis para o Governo eclesiástico que sua santidade agora conduz. Pois, pouco antes de Leão X, quando a questão da correção do Calendário Eclesiástico foi discutida no Concílio de Latrão, permaneceu sem resolução apenas pela seguinte causa, a saber, porque as grandezas dos anos e meses, e os movimentos do Sol e da Lua, não eram ainda suficientemente mensurados. Desde então, [...] dediquei a isto meu espírito.<sup>2</sup>

Pode ser que, após Copérnico, outros critérios tenham contribuído para aceitar a revolução astronômica. Se consultarmos Copérnico, no prefácio em que pede a aceitação, o critério é contribuição para a resolução do problema empírico de correção do calendário eclesiástico. Para esta correção, era preciso fazer um novo mapa do cosmos, um novo mapa que oferecesse, com precisão matemática, as dimensões das esferas dos astros (pelo diâmetro),

suas distâncias relativas e a medida exata de suas revoluções ou movimentos circulares perfeitos. Um mapa legível a geômetras e feito, de maneira propícia, pouco após os novos mapas que incluíam as recém-descobertas terras do “novo mundo”.

## 2 GEOMETRIA E FÍSICA NO *DE REVOLUTIONIBUS ORBIUM CAELESTIUM*

Acompanhemos alguns argumentos do Livro Primeiro do *De Revolutionibus*, para notar que Copérnico, para resolver o problema do calendário eclesiástico, se propõe bem mais que isso: notando a incompatibilidade de uma cosmologia de revolução do cosmos em torno da Terra, propõe-se salvar o modelo circular cosmológico, supondo seu centro em outro lugar que não a Terra.

No capítulo 1, Copérnico afirma que o cosmos é esférico, com argumentos tirados da geometria (a figura da esfera é a que tem maior área; perfeita, não é formada pela mistura das outras figuras) e da visão (as partes do cosmos, Sol, Lua e estrelas são esféricas), bem como com o seguinte argumento: “[...] tudo deseja ser terminado por ela (a forma esférica), como aparece nas gotas de água e nos outros corpos líquidos, enquanto desejam ser terminados por ela. Por isso, ninguém duvidará que uma tal forma tenha sido atribuída aos corpos celestes.”<sup>3</sup>

Copérnico utiliza argumentos da física aristotélica para justificar o uso das esferas no *De Revolutionibus*. As formas são atribuídas aos elementos da matéria. Os corpos têm desejo [*impetus*] pela forma esférica.

Para que não haja dúvidas de que Copérnico está estabelecendo o suporte físico para a geometrização, leiamos esta definição no

\* Doutorando em Filosofia pela USP e professor da Facamp/Campinas.

<sup>1</sup> Copernic, Nicolas. 1987, p. 9.

<sup>2</sup> Copernic, Nicolas. Idem, p. 11.

<sup>3</sup> Copernic, Nicolas. Idem, I, 1, p. 17.

capítulo 9: “Certamente, estimo que a gravidade não é outra coisa que uma apetência natural colocada nas partes pela divina providência do autor do universo, para que elas se ajuntem numa unidade inteira, se reunindo na forma de um globo.”<sup>4</sup> O autor do universo colocou, nas partes materiais, a apetência que as leva a se reunir conforme a forma esférica. Do ponto de vista físico, as partes materiais se conformam à forma esférica. Do ponto de vista geométrico, está garantido que o estudo das formas esféricas, por assim dizer, separadas, leva ao conhecimento físico, isto é, ao conhecimento das formas verdadeiras do cosmos, das formas dos corpos, por assim dizer, das “substâncias compostas” (causa formal e causa material).

Copérnico apóia-se em noções da física aristotélica para justificar a geometrização da física: ímpetos ou apetites naturais nos corpos, no entanto, não são dispostos pela providência para direcioná-los a “lugares naturais”, mas para que se reúnam conforme as propriedades da forma esférica. Uma geometria das formas esféricas, portanto, pode dar conta de todo o cosmos, como se anuncia no capítulo 1.

No primeiro livro do *De Revolutionibus*, Copérnico procede como os *physicos* para estabelecer a verdade material das formas esféricas. Nos livros restantes, procede como os *mathematicos*, oferecendo as construções teóricas de uma geometria das esferas cuja validade já tinha sido estabelecida no primeiro livro.<sup>5</sup>

### 3 A ROTAÇÃO DA TERRA

A revolução de uma esfera é o movimento dela em torno de seu eixo. Em termos contemporâneos, o movimento de rotação. Nas cosmologias clássicas, o cosmos como um todo efetuará um movimento de revolução em torno de um eixo fixo que seria a Terra em repouso. A revolução quotidiana é o “espaço do tempo diurno e noturno”.

Esta medida é compreendida comum a todos os movimentos, pois que nós medimos o tempo ele mesmo, sobretudo, pelo número dos dias.<sup>6</sup>

Porém, continua Copérnico, constatamos revoluções no sentido contrário, isto é, cujo movimento vai do pôr-do-sol à aurora, que são “da Lua e das cinco estrelas errantes.”<sup>7</sup>

O primeiro problema é que estas revoluções contrárias não podem ser explicadas a partir de um só e mesmo eixo de rotação do cosmos como um todo. Qual delas coincidiria com a revolução do cosmos em torno da Terra? Em qualquer dos casos, haveria corpos celestes efetuando a revolução num sentido contrário e, assim, a revolução do cosmos, como um todo, tornava-se difícil de sustentar, já que nem todos os corpos efetuariam este movimento.

O segundo problema é explicar a diferença de velocidades e distâncias. Em seu curso, o Sol e a Lua efetuam movimentos ora mais rápidos, ora mais lentos. Se a revolução do cosmos é circular e uniforme, como explicar esta variação de velocidades do Sol e da Lua?<sup>8</sup> Além disso, as “cinco outras estrelas” (planetas) se aproximam e se distanciam umas das outras, isto é, não perfazem uma órbita perfeitamente circular e, por isso, diz Copérnico, foram nomeadas de planetas (errantes). Se aproximam e se distanciam não apenas entre eles, mas da Terra, “quando próximos da Terra são chamados de *Perigeus* e, quando uma vez mais se distanciam, são ditos *Apogeus*.”<sup>9</sup>

Após listar os fenômenos, Copérnico introduz a tese matemática: os movimentos têm que ser circulares, não apenas por causa da geometria das esferas, mas ainda porque há estações do ano:

[...] o círculo é o único que pode fazer de novo aquilo que já foi feito, da mesma maneira que, por exemplo, o Sol, por um movimento composto de círculos, em que muitos movimentos estão compreendidos, nos traz de volta no tempo de quatro anos a desigualdade de dias e noites.<sup>10</sup>

Os problemas de um calendário exato que explique os anos bissextos, assim, surgem do

<sup>7</sup> Copernic, Nicolas. (op. cit.) I, 4, p. 19.

<sup>8</sup> A translação do Sol e da Lua em torno da Terra, deve-se notar, não é senão, na hipótese, a inserção do Sol e da Lua no movimento de rotação do cosmos em torno da Terra.

<sup>9</sup> Copernic, Nicolas. (op.cit.) I, 4, p. 20.

<sup>10</sup> Copernic, Nicolas. (op.cit.) I, 4, p. 20.

<sup>4</sup> Copernic, Nicolas. Idem, I, 9, p. 26.

<sup>5</sup> Horsky, Zdenek. 1973, p. 119 a 123.

<sup>6</sup> Copernic, Nicolas. (op. cit.) I, 4, p. 19.

contraste entre os fenômenos descritos e a teoria de um universo esférico com movimentos circulares uniformes que são necessários para um cálculo exato da periodicidade. Ocorre que se esta medida for procurada num movimento de revolução do cosmos como um todo em torno da Terra, não poderá haver acordo entre aqueles fenômenos díspares descritos e a teoria.

[...] convém que os seus movimentos uniformes nos apareçam não uniformes ou por causa de seus círculos de pólos diversos, ou porque a Terra não estaria no centro dos círculos nos quais se movem e que nos acontece, observando da Terra, ver as distâncias desiguais nas passagens destes astros, nos aparecendo também que os mais próximos são maiores que os mais distantes e assim, (como foi demonstrado nas óticas), em circunferências de orbes iguais, por causa da diferente distância da visão, os movimentos aparecerão desiguais em tempos iguais.<sup>11</sup>

Em outras palavras: para que uma teoria fundada nas esferas e movimentos circulares uniformes cujo núcleo é a hipótese de que o movimento uniforme circular (medida de todos) é de revolução do cosmos em torno de um centro em repouso, para que tal sistema teórico tenha correspondência física, isto é, seja apoiado pelos fenômenos, a Terra não pode coincidir com este centro. Se ela for suposta o centro, o aparecimento dos movimentos não-uniformes só poderá ser explicado por nós supondo pólos diversos de revolução e isto contradiz a hipótese de um movimento circular único de rotação uniforme do cosmos em torno de um eixo fixo.

A construção matemática de um cosmos esférico em revolução ou rotação com velocidade e direção uniformes em torno de um centro fixo é incompatível com a hipótese de que a Terra é este eixo. Ou se encontra este eixo em outro lugar, ou se abandona a hipótese de uma revolução uniforme do cosmos. Eis a contradição que Copérnico encontra nas cosmologias clássicas. Ele opta, certamente, por salvar o esquema teórico da revolução uniforme do cosmos e não por “salvar os fenômenos”. Pois são estes que não salvam ou apóiam as cosmologias geocêntricas, como vimos em sua argumentação.

<sup>11</sup> Copernic, Nicolas. (op.cit.) I, 4, p. 20.

As aparências astronômicas são o aparecimento dos astros à nossa visão e se aparecem com uma certa regularidade cíclica, o fazem porque, argumenta Copérnico desde o capítulo 1, a forma esférica e o movimento circular são verdades físicas explicadas pela apetência natural [*impetus*] dos corpos.

Tendo sido demonstrado que a Terra tem igualmente a forma de um globo, eu penso que devemos ver ainda se o movimento segue sua forma, e se ela obtém algum lugar no universo, sem o que não podemos encontrar uma razão segura para as aparências no céu.<sup>12</sup>

Para começar com sua tese, Copérnico evoca um axioma cinemático e ótico<sup>13</sup>.

Com efeito, toda mudança que é vista segundo o lugar ou é em razão da coisa observada, ou é em razão daquele que vê, ou certamente da mudança diferente de ambos. Pois, entre movimentos iguais neles mesmos, o movimento não é percebido, digo entre a coisa vista e aquele que vê.<sup>14</sup>

Em seguida, um postulado de experiência indubitável.

As conclusões apóiam-se na hipótese de observadores fora da Terra.

Se, pois, algum movimento é consignado à Terra, ele aparecerá o mesmo em todos aqueles que estão no exterior, mas para a parte oposta [...], como é principalmente na revolução cotidiana. Esta, com efeito, parece carregar todo o cosmos, com a exceção da Terra e do que é em torno dela. Mais eis que, se tu concedes que o céu não é sujeito a este movimento, se notas que a Terra rola do poente ao nascente, tanto como no movimento aparente do nascente ao poente do Sol, da Lua e das Estrelas<sup>16</sup>, encontrarás que isto é assim. Já que o céu é o que contém e grava todo lugar comum no universo, não fica claro porque o movimento seria atribuído não mais ao

<sup>12</sup> Copernic, Nicolas. (op. cit.). I, 5, p. 20.

<sup>13</sup> Conhecidos pelas obras de Oresme e Buridan. Kuhn, Tomas. A revolução copernicana: a astronomia planetária no desenvolvimento do pensamento ocidental. Lisboa, Edições 70, 1990.

<sup>14</sup> Copernic, Nicolas. (op. cit.). I, 5, p. 20.

<sup>15</sup> Copernic, Nicolas. (op. cit.). I, 5, p. 20.

<sup>16</sup> Estrelas errantes era a expressão que os cosmólogos antigos usavam para designar os planetas.

conteúdo que ao continente, ao localizado que ao localizante.<sup>17</sup>

Em outras palavras, a revolução cotidiana não é o movimento do cosmos da nascente ao poente do Sol (do leste para o oeste), mas o movimento de rotação da Terra do poente para a nascente (do oeste para o leste). A verdade física da revolução terrestre explica a existência física do movimento aparente, se nos lembramos de ter Copérnico introduzido sua tese com base no axioma cinemático e ótico. Nós, que vemos, estamos num movimento de rotação do poente para o nascente (leste para o oeste) e a coisa que vemos nos aparece como se, em torno de nós, se movimentasse do nascente ao poente (oeste para leste). Trata-se da rotação da Terra em torno de seu eixo, não de sua translação em torno do Sol. Isto explica a revolução cotidiana, ou seja, o movimento aparente do sol em torno da Terra, a sucessão de dias e noites. Copérnico poderia, aqui, postular a rotação da Terra e a imobilidade tanto do sol como do cinturão das estrelas fixas e dos planetas. Contudo, não explicaria perigeus e apogeus, nem tampouco aproximações e distanciamentos entre Terra e Sol, caso a revolução da Terra fosse o único movimento real do cosmos. Não explicaria as mudanças de estações.

Por isso, o eixo de rotação terrestre não pode estar em repouso, mas precisa estar em movimento de translação em torno de outro eixo, este sim imóvel, a saber, o Sol.

Copérnico faz sua “virada teórica”, não para salvar os fenômenos, mas para salvar o arcabouço teórico da cosmologia ptolomaica que não tinha o apoio dos fenômenos quando se supunha a Terra como eixo de rotação do cosmos.

Ao supor que este eixo estaria próximo do Sol, Copérnico consegue salvar a hipótese de um movimento circular uniforme de todas as estrelas errantes ou planetas do Cosmos?

#### 4 OS PROBLEMAS INTRÍNSECOS E EXTRÍNSECOS À TEORIA DE COPÉRNICO

Quais eram os problemas intrínsecos à astronomia de Copérnico?

Já que Copérnico ainda se atinha aos princípios da física aristotélica – e nunca inventou uma nova física para tomar o lugar da aristotélica – como podia ele explicar o movimento de rotação diária da Terra e uma órbita circular anual, ambas contrárias à sua natureza? Dizer que a Terra descrevia uma órbita em redor do Sol significava dizer que a Terra estava sofrendo movimento violento.<sup>18</sup>

Pela definição de gravidade, oferecida no capítulo 9 do primeiro livro, a Terra deveria apeteer fundir-se na esfera solar. Ora, esta não fundição só poderia ser explicada por um movimento de repulsão do Sol, isto é, por um movimento violento, não originado pelo apetite natural da Terra.

Além disso, observa Cohen, já que o universo de Copérnico não era heliocêntrico, mas centrado num excêntrico próximo ao Sol: “Como então podia Copérnico afirmar também que o Sol, que tem forma esférica, fica firme, não gira em torno de seu eixo, nem se move numa revolução anual?”<sup>19</sup> Ou seja, como o Sol, sendo imóvel, comunica movimentos (rotação e translação) aos planetas? Mesmo que girasse, revolucionando-se em torno de seu eixo, como o Sol comunicaria o movimento de rotação de cada planeta? Estas não são questões de pouca monta pois, como veremos, Copérnico não toma mais o cinturão de estrelas fixas como referência para os cálculos astronômicos, devido à distância incomensurável para observadores terrestres, mas apenas o Sol que, consoante suas palavras, é a “lâmpada” do cosmos e “governa” as estrelas errantes, isto é, os planetas. O Sol comanda tudo que se move, bem como ilumina tudo que se move e também o que não se move no cosmos: como, então, comunica movimento aos planetas se ele mesmo é perenemente imóvel? Outra dificuldade física era explicar como a Lua podia continuar se movendo em torno da Terra, supondo que esta se deslocava com grande velocidade ao transladar torno do Sol. Depois disso, conclui Cohen.

Se acrescentarmos a estas objeções algumas dificuldades gerais no sistema de Copérnico, podemos imediatamente verificar que a

<sup>17</sup> Copernic, Nicolas. (op. cit.) I, 5, p. 21 e 22.

<sup>18</sup> Cohen, Bernard. 1957, p. 54.

<sup>19</sup> Cohen, Bernard. Idem, p. 54.

publicação de seu livro em 1543 não constitui uma revolução no pensamento físico ou astronômico.<sup>20</sup>

As dificuldades que Cohen menciona na sequência são da alçada da história cultural, isto é, das crenças religiosas que se sustentavam com a hipótese de um cosmos geocêntrico. “Do que até aqui foi dito, o modo como as mudanças numa parte da Ciência Física afetam todo o corpo da Ciência deve ter ficado claro.<sup>21</sup>” Afirmação condizente com a concepção de Kuhn. Cohen, contudo, mostra como os argumentos de Copérnico se fundamentaram em contradições intrínsecas que percebeu na teoria de Ptolomeu. Aliar história da cultura com história da ciência não é incompatível, eis aquilo que parece querer mostrar Cohen em seu livro. Com efeito, ele mostra, nos meandros da teoria, que tampouco o sistema de Copérnico pôde sustentar-se por si mesmo.

Foi afirmado que a grandeza de Copérnico está, não tanto no sistema que propôs, como no fato de que o sistema que propôs pôde gerar a grande revolução na Física que nós associamos a nomes como os de Galileu, Johannes Kepler e Isaac Newton.<sup>22</sup>

Ora, do ponto de vista da sustentação interna da teoria, abstração feita de sua aceitação ou não pela cultura religiosa da época, vimos que Copérnico, ele mesmo, partia da constatação que o modelo das esferas com rotação do Cosmos em torno de um eixo físico era incompatível com a hipótese geostática e, para salvar o modelo, lançou a hipótese heliostática. Vimos, no estudo de Cohen, que um Sol estático também não se sustentava nesse modelo copernicano, isto é, que a teoria das esferas e movimentos circulares uniformes continuou insustentável.

## 5 SUPOSIÇÃO DIRETIVA COSMOLÓGICA

Podemos dizer que Copérnico reúne suposições diretivas da escolástica (aristotélico-ptolomaicas), recebidas durante a formação em Pádua, bem como renascentistas (matematização), cultivadas após a volta à Polônia.

<sup>20</sup> Cohen, Bernard. Idem, p. 55.

<sup>21</sup> Cohen, Bernard. Idem, p. 57.

<sup>22</sup> Cohen, Bernard. Idem, p. 57 e 58.

Tendo como propósito resolver os problemas empíricos da fabricação do novo calendário gregoriano, Copérnico propõe a hipótese de um universo cujo centro não coincidiria com a Terra, mas estaria próximo do Sol. Modificou, com isto, a tese nuclear da astronomia clássica, desde os gregos passando por Ptolomeu e pelos escolásticos, segundo a qual a Terra tinha posição central. Contudo, nem por isso pode ser dito que a suposição diretiva dos clássicos foi abandonada, pois não tinha apenas um elemento nuclear.

Também afirmar que os corpos celestes eram esféricos e seus movimentos descreviam círculos perfeitos era elemento nuclear forte da suposição diretiva da cosmologia clássica. Esta tese condicionava a geometrização das teorias, na medida em que a figura do círculo era mobilizada para o cálculo de todos os movimentos astronômicos.

Ora, Copérnico, ao trabalhar com a hipótese segundo a qual ponto próximo do Sol é o eixo físico da rotação do universo, operou a revolução astronômica que, embora tenha sido impulsionada por Tycho, Kepler, Galileu, Bruno, Descartes e Newton, foi batizada com seu nome. Entretanto, ele manteve como elemento nuclear a tese de que o eixo de rotação do universo estaria num ponto físico deste sistema solar, isto é, não mais coincidindo com a Terra, mas próximo ao Sol. Este elemento nuclear foi se modificando gradualmente pelos astrônomos e, por fim, transformou-se com Newton, embora todos mantivessem o elemento nuclear introduzido por Copérnico, qual seja, a rotação e a translação da Terra.

Pode-se afirmar que, com isso, todos os elementos nucleares da suposição diretiva das cosmologias clássicas tenham sido totalmente abandonados?

Claro que não, pois a hipótese de que haja um centro do universo permaneceu em Newton e motivou-o a postular, na sua mecânica celeste, um centro de massa e força absoluta. Este centro, desde Copérnico, não coincide mais com o centro da Terra e, já em Newton, não está próximo do Sol nem neste sistema solar. Contudo, permanece, de Copérnico a Newton, a hipótese de que há um centro no universo e esta hipótese teórica é uma suposição diretiva das cosmologias clássicas.

## 6 A COSMOLOGIA DE COPÉRNICO

A cosmologia de Copérnico tem seis esferas concêntricas errantes, isto é, a revolução ou rotação do cosmos em torno de seu centro é rotação de seis esferas.

Saturno, primeira das errantes, completa seu circuito em 30 anos. Depois deste, Júpiter se movimenta por uma revolução em doze anos. Em seguida Marte que gira em dois anos. A revolução anual obtém na ordem o quarto lugar, no qual dizemos estar contida a Terra com o orbe lunar como um epiciclo. Em quinto lugar Vênus é revoluto no nono mês. Enfim Mercúrio tem o sexto lugar, fazendo o circuito no espaço de vinte dias.<sup>23</sup>

Mas há, além destas seis esferas, seu eixo concêntrico<sup>24</sup> e, ainda, a circunferência imóvel que as contém. Quanto ao eixo, escreve Copérnico.

No meio de todas reside verdadeiramente o Sol. Quem, com efeito, colocaria neste belíssimo templo esta chama em um outro ou melhor lugar de onde poderia iluminar tudo ao mesmo tempo [...] Porque alguns o chamam, não ineptamente, a lâmpada do mundo, outros chamam-no o pensamento, outros ainda o condutor. Trimegistro o chama Deus visível, a Electra de Sófocles observando tudo. Assim certamente o Sol, como sobre um trono real governa a família dos Astros agindo em torno dele.<sup>25</sup>

Aqui, não queremos chamar a atenção apenas para a menção a Hermes Trimegistro, menção cara aos neoplatônicos. Chamo a atenção para a hipótese de que não apenas o Sol é a fonte de luz que torna visíveis todas as esferas errantes, mas ainda aquele que governa o movimento das seis esferas. Com efeito, a revolução ou movimento de rotação destas esferas tem que se dar, conforme a hipótese, no interior de um cinturão imóvel de estrelas fixas que é a circunferência do cosmos. Em outras palavras, o repouso do centro e o repouso da

circunferência são pilares da teoria mas, para a exatidão do cálculo dos movimentos circulares das esferas errantes, Copérnico supõe que o centro solar comanda a rotação das esferas.

Escrevendo antes de Galileu, Copérnico não dispõe do princípio de inércia (não lida com movimentos retilíneos), nem da equação das velocidades, nem tampouco da observação, pelo telescópio, das luas de Júpiter. Mas utiliza o aparato geométrico das cosmologias clássicas: os movimentos de translação dos planetas, assim, não são senão sua rotação em torno do eixo solar. Revolução ou rotação que é movimento circular dos orbes errantes dentro do cinturão imóvel das estrelas fixas e em torno do eixo solar: partindo deste, se traçam os raios até a circunferência e a posição dos astros neste raio é que explica a diferença nos tempos.

Aqueles mais próximos do eixo efetuam a revolução num tempo menor e aqueles mais distantes num tempo maior. Há diferença nas distâncias dos astros em relação ao eixo solar e, também, no comprimento da circunferência de cada órbita. Além da diferença nas distâncias que os planetas percorrem para completar a volta em torno do sol, há diferença nas velocidades dos planetas: enquanto a Terra percorre seu orbe em um ano, Marte percorre seu orbe em dois anos, etc...

Ocorre, contudo, que supor um só e mesmo eixo solar para a revolução de todos os orbes pode explicar a aproximação e distanciamento dos planetas entre si, desde que a revolução de cada orbe seja independente das outras, pois, do contrário, não se explicaria os alinhamentos dos planetas. Porque Marte, por exemplo, periodicamente é visível para observadores terrestres e, periodicamente, invisível?

Não há uma só e mesma revolução dos seis orbes, como uma espécie de raio material que, do eixo solar ao cinturão imóvel das estrelas fixas, arrastasse todas as seis esferas a efetuar um só e mesmo giro ao mesmo tempo.

A hipótese de uma revolução total do cosmos não mais em torno da Terra, mas tendo agora que ser em torno do Sol, se mostrava absurda. Copérnico deixa entrever quando mostra a impossibilidade de tomar o orbe imóvel das estrelas fixas como referência para os cálculos. Ele começa por introduzi-lo anunciando

<sup>23</sup> Copernic, Nicolas. (op. cit.) I, 10, p. 30.

<sup>24</sup> Só no livro I as seis esferas são concêntricas. Nos cinco livros restantes, elas são excêntricas. Ver a circunscrição das esferas excêntricas em modelos de Ptolomeu e Copérnico na obra citada de Bernard Cohen (p. 51).

<sup>25</sup> Copernic, Nicolas. (op. cit.) I, 10, p. 30.

que mostrará o absurdo das hipóteses de que ele, o orbe das estrelas fixas, fosse móvel, com os mesmos argumentos óticos e cinemáticos que utilizou para refutar a hipótese geostática. A revolução das seis esferas se daria no interior de uma esfera imóvel que é o cinturão das estrelas fixas.

A primeira e mais alta de todas é a esfera das estrelas fixas contendo todas e a si mesma: por esta razão ela é imóvel, quer dizer, o lugar do universo ao qual se relaciona o movimento e a posição de todos os astros. Com efeito, porque alguns estimam que esta aqui é movida de uma certa maneira, assinalaremos uma outra causa para que apareça desta maneira, deduzindo-a do movimento terrestre.<sup>26</sup>

Mas a base para os cálculos, como vimos, não é o cinturão imóvel das estrelas fixas, porém o Sol que governa a revolução. Para além de Saturno, a distância é incomensurável, isto é, Copérnico não pretende ter a medida do raio que vai do Sol ao cinturão das estrelas fixas.

Porque tudo que é visível possui alguma distância, para além da qual não é mais percebido, como foi demonstrado nas Óticas. Porque, com efeito, se encontraria muito mais depois de Saturno, o mais alto dos astros errantes, até a esfera das fixas, suas luzes cintilantes o demonstram. E, por este índice, elas são discernidas dos planetas, porque seria preciso ter a maior distância entre as movidas e as não-movidas. Certamente, esta construção divina do Melhor e Maior arquiteto é também grande.<sup>27</sup>

Grande a ponto de impossibilitar, a observadores terrestres, ver seu limite e traçar, com base na dimensão aparente de astros imóveis na fixa esfera limite, em função de sua distância do observador, um raio visivo que, refletindo-se na circunferência final, possibilitasse determinar,

<sup>26</sup> Copernic, Nicolas. (op. cit.) I, 10, p. 29 e 30. Cohen nota, porém, que Copérnico não constrói paralaxes que expliquem o movimento aparente das estrelas fixas. Pode ser que Copérnico tenha se apoiado no terceiro movimento da Terra, que ele chama de “declinação”, um certo desvio regrado da rota de translação. Contudo, nota Cohen que a ausência de paralaxes para explicar o movimento aparente das estrelas fixas “tendia a contradizer toda a base do sistema de Copérnico.” Op.cit. Pág: 54.

<sup>27</sup> Copernic, Nicolas. (op. cit.) I, 10, p. 31.

com precisão, o diâmetro do cinturão das estrelas fixas. Mas Copérnico não precisa disso para efetuar os cálculos. Tomando como eixo de rotação o Sol<sup>28</sup>, tem a medida de seu raio até Saturno e, como supõe que as seis estrelas planetárias sejam as únicas a se mover, calcula o tempo de sua rotação.

Copérnico calcula tanto a distância que vai do Sol a cada um dos planetas que conhecia e como a distância dos planetas entre si. Calcula ainda o tempo médio da revolução do orbe (translação em torno do Sol) de cada um destes planetas. Estes cálculos de distância e tempo têm precisão semelhante aos cálculos mais recentes.<sup>29</sup>

Copérnico conseguiu, portanto, oferecer os instrumentos geométricos para a construção do calendário e, também, para a construção de um mapa do cosmos. Estrategicamente afirmando que o cinturão imóvel das estrelas fixas têm um diâmetro que nós, observadores terrestres, não podemos mensurar, toma como referência o Sol<sup>30</sup> ou um excêntrico<sup>31</sup> próximo a ele para, com referência a estes pontos, construir o mapa geométrico de tudo quanto se move no cosmos (para ele, os seis orbes planetários e a lua) oferecendo as distâncias dos planetas em relação ao sol, as distâncias de seus orbes ou o comprimento de suas circunferências bem como o tempo de sua translação ou revolução em torno do sol.

Podemos dizer, assim, que Copérnico conseguiu salvar o aparato conceitual da cosmologia de Ptolomeu e que conseguiu fazendo

<sup>28</sup> Só nos outros livros (sobretudo o III) modifica a teoria, situando o eixo próximo do Sol. Nesta primeira apresentação, no livro primeiro, o centro coincide com o Sol. Comentando esta diferença entre o primeiro livro e os seguintes, Zdenek Horský escreve que “... no capítulo 10 do livro I, o Sol é representado no centro da esfera de estrelas fixas e os planetas são concêntricos em torno dele, ao passo que nas exposições particulares consagradas a cada planeta, as órbitas não são concêntricas ao Sol e, por outro lado, Copérnico recorre a epiciclos, etc...” (op. cit., p. 119).

<sup>29</sup> Bernard Cohen. (op. cit) “Atendo-nos ainda ao modelo simplificado de órbitas circulares, observemos, a seguir, que Copérnico pôde determinar a escala do sistema solar.” P. 45. Ver também o quadro comparativo na página 48, em que Cohen mostra a quase identidade entre os cálculos de Copérnico e os cálculos contemporâneos.

<sup>30</sup> No livro I.

<sup>31</sup> Nos cinco livros restantes.

transformações importantes. Do ponto de vista da referência da construção geométrica à realidade física, vinculando o ponto central da construção (eixo central do cosmos) à realidade física do Sol. Do ponto de vista da organização intrínseca da construção geométrica, reduzindo o número de epiciclos e deferentes, bem como acentuando seu poder de mensurar, em escalas reduzidas, distâncias precisas.

Se este era o propósito de Copérnico, ele foi cumprido e, não obstante, a sua teoria que buscava salvar a cosmologia clássica fez nascer novos problemas. Como o sol imprime movimento aos planetas? Como explicar a origem do movimento de rotação dos planetas, se não podem ser reduzidos ao movimento de revolução de seus orbes comandados pelo sol? Como explicar a permanência física dos movimentos, isto é, como explicar que a lua não se desprenda da Terra quando esta se move em velocidade grande e, de maneira geral, como explicar que os planetas não se desprendam do sol? <sup>32</sup>

Acresça as observações com telescópio, mostrando novas luas, novos planetas, novas constelações. Mas isto foi depois. Copérnico acreditava na racionalidade da cosmologia ptolomaica e seu esforço por salvar esta racionalidade levou-o a rearranjar os conceitos na construção geométrica, transformando-a.

A “revolução teórica”, dita copernicana, se inicia com o propósito de salvar, não os fenômenos, mas a racionalidade do modelo cosmológico clássico. Por esta trilha, me parece ser possível notar que, de Galileu a Kepler, foi notando as incongruências no interior da racionalidade do sistema de Copérnico quando referido às observações que iniciaram sua transformação. Daí vai, mas é preciso estudar cada autor para verificar se, de fato, as incongruências que assinala na obra que transforma eram de fato incongruências ou falsos problemas.

Vimos que Copérnico resolve problemas reais no sistema de Ptolomeu e, transformando-o, salva sua racionalidade. A racionalidade desta construção geométrica, contudo, foi novamente transformada e, com Galileu e Descartes, já não

podemos mais dizer que buscaram salvar a racionalidade da construção geométrica de Ptolomeu, mas a racionalidade da matemática em geral aplicada à física que, com a geometria analítica, modifica de maneira radical o instrumental geométrico clássico rearranjado por Copérnico.



<sup>32</sup> Copérnico não dispunha de uma teoria da inércia (Galileu), nem de uma teoria magnética (Gilbert).



**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**Copernic, Nicolas.** *Sur les révolutions des orbés celestes*. 6. ed. Première traduction complète du latin en français, avec un avertissement et des notes, par Jean Peyroux. Paris : Librairie A Blanchard, 1987.

**Horsky, Zdenek.** *Mathématique et physique dans l'astronomie de Copernic*. In: *Avant, avec, après Copernic: la représentation de l'Univers et ses conséquences épistémologiques*. Colloque du Centre international de syntèse, 1973. Ouvrage publié avec le concours du CNRS. Librairie Scientifique et Technique Albert Blanchard, Paris, 1975. p. 119 a 123.

**Cohen, Bernard.** *O nascimento de uma nova física*. Traduzido por Gilberto de Andrada e Silva. São Paulo: Edarte, 1957. p. 54.

**Kuhn, Thomas.** *A revolução copernicana: a astronomia planetária no desenvolvimento do pensamento ocidental*. Lisboa: Edições 70, 1990.

