

# MODELOS ASTRONÔMICOS HISTÓRICOS: O QUE PTOLOMEU E COPÉRNICO PODEM ENSINAR SOBRE A RELAÇÃO ENTRE OBSERVAÇÕES E INFERÊNCIAS NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS NATURAIS?

Louise Brandes Moura Ferreira,<sup>1</sup> Eliane Mendes Guimarães,<sup>2</sup> Paulo Eduardo Brito,<sup>3</sup> Juliana Ricarda de Melo,<sup>4</sup> Jussara Pereira Fernandes.<sup>5</sup>

## 1 Introdução

Uma formação universitária para a docência em Ciências Naturais deve possibilitar, em algum momento do seu desenvolvimento, que o licenciando tenha contato com a História e Filosofia da Ciência e com aspectos-chave da Natureza da Ciência (ABD-EL-KHALICK, 2005). Este trabalho pretende discutir os conceitos de observação e inferência no desenvolvimento dos modelos astronômicos na História da Astronomia. Contrariamente à crença de que a pesquisa científica deve começar com observações neutras, a história dos modelos astronômicos de Ptolomeu e Copérnico mostra que a investigação científica pode se iniciar com as concepções prévias dos cientistas, o que inclui pressupostos teóricos e até mesmo concepções metafísicas a respeito dos fenômenos naturais. Observações, inferências e a construção de modelos, nesse sentido, são guiadas por essas concepções prévias. Pretendemos que este trabalho possa servir de base para um estudo de caso na formação de licenciandos em Ciências Naturais.

## 2 A evolução dos modelos astronômicos a partir dos Gregos

Tanto a História da Ciência quanto a prática científica revelam que o desenvolvimento da ciência se dá por meio de modelos explicativos que buscam representar os fenômenos naturais. Os modelos científicos são elaborados inferencialmente a partir de extensas observações e do estado da arte do conhecimento numa determinada época (HESSE, 1966). Além disso, concepções acerca da natureza da realidade também influenciam a

maneira como os cientistas “veem” determinados fenômenos. Na História da Astronomia, a sucessão dos modelos astronômicos desde Eudoxo (400?-347?), Apolônio (262?-190?) e Hiparco (190?-120?), passando por Ptolomeu (100?-170?) e Copérnico (1473-1543) indica que a construção de um modelo não é fruto somente da observação direta mas envolve também concepções de mundo e de natureza. Para os Gregos antigos, que concebiam a Terra como estacionária no centro do universo, os planetas deveriam se movimentar de acordo com o movimento circular uniforme, tal como as estrelas fixas. Desta forma, eles “enxergavam” o movimento de retrogradação dos planetas (ver Figura 1) como anômalo.

### 2.1 Observações astronômicas e o movimento circular uniforme: a idéia de perfeição

Os pensadores gregos antigos concebiam o universo e todos os seus componentes como um todo ordenado, harmônico e perfeito, um Cosmos (CORNFORD, 1991). Na História da Astronomia, a idéia de que o movimento circular uniforme é por excelência o movimento perfeito é geralmente atribuída a Platão. No *Timeu* (2003), ele afirma que os astros eram seres perfeitos e como tais deveriam se movimentar de acordo com o movimento perfeito que é “sempre igual a si mesmo, fechado em si mesmo, sem início nem fim” (MARTINS, 2003, p. 48). Entretanto, o movimento de retrogradação não segue esta regra e apresenta, ao observador, um movimento de ir e vir “desordenado”. Neste sentido, construir um modelo astronômico que pudesse “salvar as aparências” da retrogradação dos planetas (observável através dos sentidos) sem

<sup>1</sup> Primeiro Autor: Professora Adjunto do Curso de Ciências Naturais, Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina (FUP). Vila Nossa Senhora de Fátima, Área Universitária, No. 1. Planaltina, Brasília, DF. CEP: 73300-000. E-mail: louise@unb.br

<sup>2</sup> Segundo Autor: Professora Adjunto do Curso de Ciências Naturais, Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina (FUP). Vila Nossa Senhora de Fátima, Área Universitária, No. 1. Planaltina, Brasília, DF. CEP: 73300-000. E-mail: eliane@unb.br

<sup>3</sup> Terceiro Autor: Professor Adjunto do Curso de Ciências Naturais, Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina (FUP). Vila Nossa Senhora de Fátima, Área Universitária, No. 1. Planaltina, Brasília, DF. CEP: 73300-000. E-mail: pedebrito@unb.br

<sup>4</sup> Quarto Autor: Professora da Secretaria de Educação do Estado de Goiás. Colégio Estadual Complexo 07, Quadra 07, Área Especial de Ensino Setor Leste, Planaltina de Goiás, Goiás, GO. CEP: 73750-000. E-mail: jukliana1605@gmail.com

<sup>5</sup> Quinto Autor: Discente do Curso de Ciências Naturais – quinto semestre -, Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina (FUP). Vila Nossa Senhora de Fátima, Área Universitária, No. 1. Planaltina, Brasília, DF. CEP: 73300-000. E-mail: jussarap.fernandes@gmail.com

se desfazer do compromisso com o movimento circular uniforme (não observável através dos sentidos, mas postulado pela idéia da perfeição do Cosmos) era uma tarefa necessária aos astrônomos da época (DUHEM, 1984).

### **2.1.2 O desenvolvimento do modelo epiciclo-deferente: Apolônio, Hiparco e Ptolomeu**

A explicação do movimento retrógrado iniciado por Apolônio é desenvolvido, posteriormente, por Hiparco, se deu a partir da introdução de dois mecanismos denominados epiciclo e deferente.

O conjunto epiciclo-deferente refere-se ao arranjo de círculos estruturadores da órbita de um planeta (ver Figura 2a). O movimento retrógrado é explicado pela combinação das variações de movimento do planeta no epiciclo e no deferente (o transportador). A figura 2b representa um esboço do movimento de retrogradação tal como explicado pelo modelo epiciclo-deferente. O modelo permite postular que quando o planeta estava na região A, mais distante da Terra, movia-se na direção leste tanto no epiciclo quanto no deferente. Já na região B, mais próximo da Terra, a direção do epiciclo era oposta a do deferente, dando a impressão de que o planeta retrocedia. Para usar a expressão de Duhem (Ibid.) o modelo epiciclo-deferente “salva as aparências” do movimento de retrogradação observável e também “salva” o postulado metafísico de que os planetas, como todos os astros, se movem com movimento circular uniforme.

O modelo epiciclo-deferente foi adotado e refinado por Ptolomeu que lhe deu um tratamento matemático completo (KUHN, 1990). As contribuições de Ptolomeu de maior impacto para esse modelo foram as inserções de novos mecanismos (Figura 3): o deferente excêntrico (circunferência onde o centro não coincidia com a Terra) e o equante (ponto em oposição a Terra em relação ao centro do deferente e no qual o centro do epiciclo faz um movimento uniforme). Ptolomeu também inseriu pequenos epiciclos em epiciclos maiores, quando necessário para descrever o que observava. Esses complementos ao sistema epiciclo-deferente auxiliaram a compreender o movimento do Sol e algumas perturbações no movimento planetário ainda não explicados.

Com Ptolomeu, no século II, o modelo epiciclo-deferente atingiu sua forma madura. A matematização proposta por ele, acompanhada de uma extensa base de registros planetários mais precisos, deram ao modelo um poder preditivo que não havia sido alcançado anteriormente. Por mais de 13 séculos, até a Renascença, o modelo de Ptolomeu foi aceito e pouco alterado pelos Astrônomos que o sucederam e seus conceitos básicos não se modificaram até a proposta de Copérnico. Ou seja, a Terra permanecia imóvel no centro do mundo (geostatismo) e, por mais que os trajetos irregulares dos planetas parecessem complicados aos olhos do observador, eles se deslocavam ao redor da Terra com movimentos que podem ser explicados como composições de movimentos circulares<sup>1</sup>.

## **2.2 O modelo heliocêntrico de Copernico**

Em *As revoluções dos orbes celestes* (1996), Copérnico desenvolve seu modelo heliocêntrico astronômico propondo que o Sol estaria no centro do mundo e os planetas se moveriam em órbitas circulares ao redor dele<sup>2</sup>. Teria Copérnico fortes registros observacionais que o fizessem abandonar o modelo epiciclo-deferente e explicar somente com os movimentos da Terra e dos planetas o fenômeno da retrogradação? Copérnico dispunha do mesmo aparato observacional de seus antecessores, ou seja, a astronomia a olho nu, sem qualquer instrumento potencializador. Nesse sentido, as observações de Copérnico eram idênticas às observações dos gregos antigos, com as explicações geocêntricas. Entretanto, Copérnico tomou a hipótese de que a Terra se movia e “elaborou uma matemática detalhada que pudesse dar conta das observações”(MARTINS, 2003, p. 79). Satisfeito esse requisito, Copérnico tentou mostrar que seu sistema era mais simples e era verdadeiro. A simplicidade do sistema fora, de fato, comprovada. Mas a veracidade da proposta

---

1 No século XVIII, Fourier demonstrou que qualquer movimento periódico pode ser descrito como uma soma de movimentos circulares, demonstrando assim o acerto de Ptolomeu.

2 Na realidade o movimento é heliostático, pois o centro do movimento não está exatamente no Sol, e sim em um ponto próximo a ele, como no deferente excêntrico de Ptolomeu.

heliocêntrica só fora aceita pelos membros da comunidade científica após o desenvolvimento da astronomia de Galileu (1564-1642) e Kepler (1571-1630) que avançaram, fundamentalmente, os princípios copernicanos, propondo uma nova teoria da realidade, ou seja, uma nova Física.

Voltando a questão das observações, ressaltamos que Copérnico era um neoplatônico, e que compartilhava da ideia de que o Sol era divino e, portanto, deveria ocupar um lugar central na Criação, ou seja, no centro do mundo. Nesse sentido, como aponta Popper, “suas ideias não se originavam na observação: vinham em primeiro lugar e eram indispensáveis para reinterpretar as observações”(Popper, 2000, p. 214).

### **3 Contribuições dos modelos astronômicos de Ptolomeu e Copérnico para o entendimento da natureza da ciência**

Discussões recentes sobre ensino de Ciências tem destacado que a concepção que o professor de Ciências possui sobre a Ciência é a concepção que ele transmite em suas aulas e que, por fim, os alunos acabam adquirindo sobre o que é a Ciência. Na maioria das vezes, a Ciência se apresenta como um corolário de resultados das pesquisas científicas como fatos comprovados e verdadeiros (CACHAPUZ, GIL-PEREZ, CARVALHO, PRAIA, VILCHES, 2005; JUSTI, 2000; ROSA, 2004; MORAES, 2008).

Muito mais que compreender os conceitos já estabelecidos cientificamente, o ensino de ciências deve trazer também, aos estudantes, a compreensão do contexto e da forma como a ciência foi e é construída, humanizando o conhecimento científico. A compreensão do contexto traz para o aluno a visão da Ciência como uma atividade humana, social e historicamente construída e apresenta a importância da sociedade na realização da Ciência. Complementarmente, compreender a forma como a Ciência se desenvolve, propicia aos estudantes a formação de um pensamento crítico e reflexivo sobre o mundo que os cerca levando à formação de cidadãos participativos e capazes de refletir sobre as grandes questões da sociedade.

Esperamos que a História e a Filosofia da Ciência na formação de professores, possibilite

ao licenciando quando for professor, ter uma postura mais crítica diante do seu trabalho pedagógico, do ensino de Ciências e do seu papel social no processo da construção do conhecimento científico.

**Palavras-chave:** *História da Astronomia, Ensino de Ciências, Formação de Professores, Modelos, Natureza da Ciência.*

### **Referências**

ABD-EL-KHALICK, Fouad. **Developing deeper understandings of nature of science: the impact of a philosophy of science course on preservice science teachers' views and instructional planning.** Int. J. Sci. Educ., v.27, n.1 p. 15-42, 2005.

CAPCHAPUZ, Antônio, GIL-PEREZ, Daniel, CARVALHO, Ana Maria P., PRAIA, João, VILCHES, Amparo. **A Necessária renovação do ensino de ciências.** São Paulo, Editora Cortez, 2005. 263 p.

COPÉRNICO, Nicolau. **As revoluções dos orbes celestes.** Tradução de Dias Gomes e Gabriel Domingues. 2.ed. Lisboa: Serviço de Educação Fundação Calouste Gulbenkian, 1996. 657 p.

CORNFORD, Francis M. **From religion to philosophy: a study in the origins of western speculation.** Princeton: Princeton University Press, 1991. 290 p.

DUHEM, Pierre. **Salvar os fenômenos: Ensaio sobre a noção de teoria física de Platão a Galileu. Cadernos de História e Filosofia da Ciência (suplemento 3).** Tradução de Roberto Andrade Martins. Campinas: UNICAMP, 1984.

HESSE, Marry. **Models and analogies in science.** Notre Dame: University of Notre Dame Press, 1966. 184 p.

JUSTI, Rosária S. **Teaching with Historical Models.** In: GILBERT, John K.; BOULTER, Carolyn J. (Ed.). **Developing Models in Science Education.** Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 209-226.

KUHN, Thomas. **A Revolução Copernicana**. Tradução de Marília Costa Fontes. Lisboa: Edições 70, 1990. 331 p.

MARTINS, Roberto A. Introdução geral ao *Commentariolus* de Nicolau Copérnico. In: COPÉRNICO, N. **Commentariolus: Pequeno Comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes**. 2ª. Ed. São Paulo: Livraria da Física Editora, 2003. p. 23-90.

MORAES, Roque. **Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e**

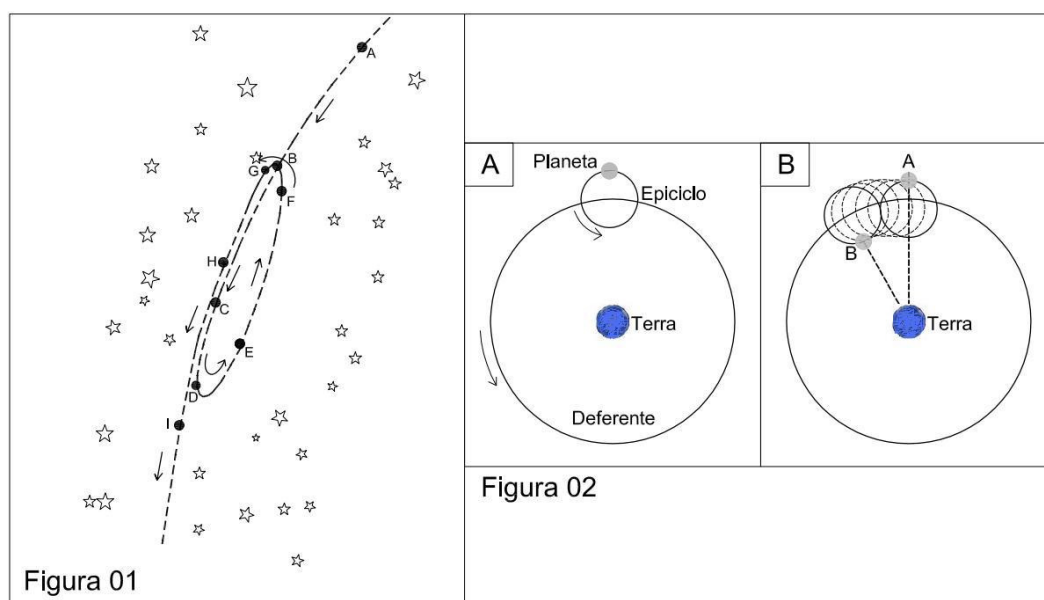
**metodológicas**. Porto Alegre, EIDPUCRS, 2008. 230 p.

PLATÃO. **Timeu**. Tradução de Maria José Figueiredo. Lisboa: Instituto Piaget, 2003. 159 p.

POPPER, Karl. **Conjecturas e refutações**. Tradução de Sérgio Bath. Brasília: Editora UnB, 2000. 450 p.

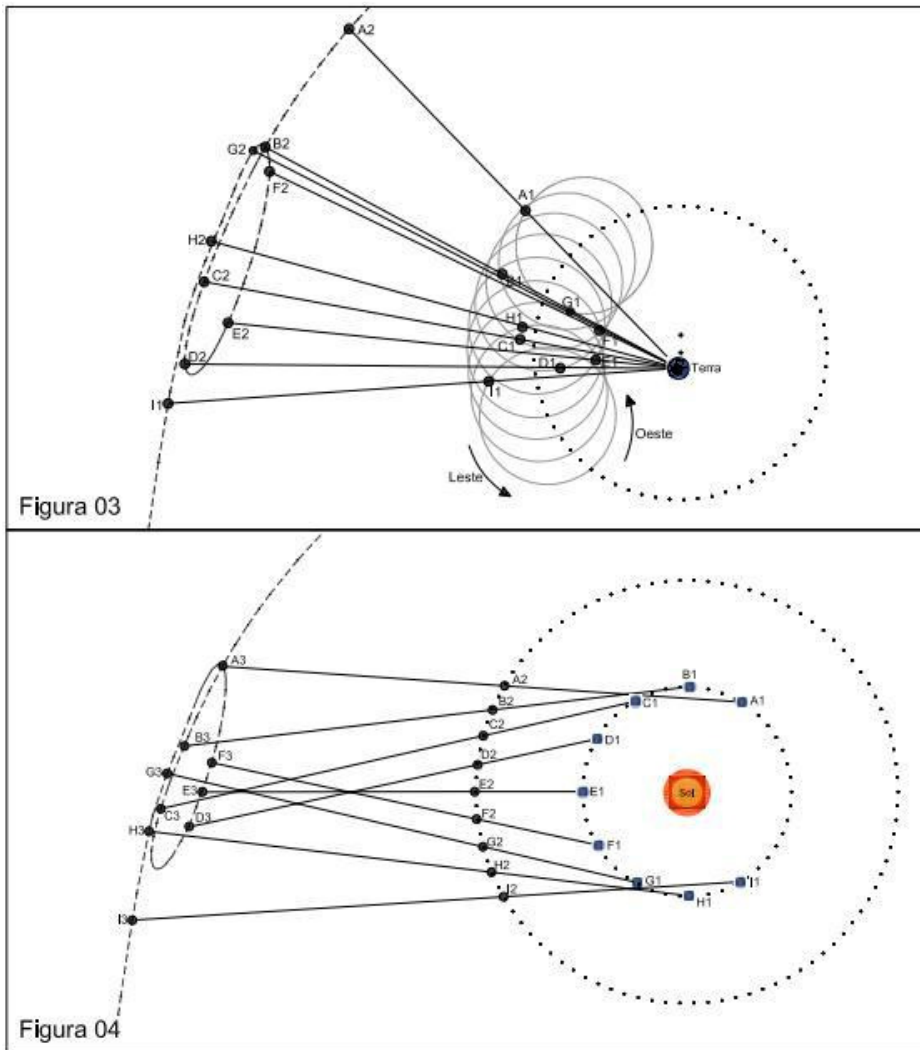
ROSA, Maria Inês P. **Investigação e ensino: articulações e possibilidades na formação de professores de ciências**. Ijuí: Editora Unijui, 2004. 183 p.

## Figuras:



**Figura 1:** Representação do movimento de retrogradação de um planeta tendo como fundo as estrelas fixas. O movimento de retrogradação acontece quando em determinadas épocas os planetas movimentam-se de leste para oeste quando vistos da Terra e em relação às estrelas fixas, aparentando retroceder em sua trajetória.

**Figura 2:** Representação do modelo epiciclo-deferente. Em “b” note a circunferência maior (o deferente) que se move e que delimita a trajetória do planeta com centro na Terra, e a circunferência menor (o epiciclo), com centro no deferente, onde o planeta se movimenta.



**Figura 3:** Representação do movimento de retrogradação de um planeta segundo o modelo ptolomaico. Os pontos A1, B1, C1, D1, E1, F1, G1, H1 e I1 representam as diferentes posições de Marte em seu epiciclo ao longo do tempo. Para cada ponto do planeta há um correspondente na esfera das estrelas fixas (A2, B2, C2, D2, E2, F2, G2, H2 e I2, respectivamente), compondo a imagem do movimento do planeta que é vista por um observador na Terra.

**Figura 4:** Representação dos movimentos da Terra e de um planeta externo. A1 a I1 são as posições da Terra, A2 a I2 são as posições do planeta externo e A3 a I3 são os registros observacionais do planeta visto da Terra e tendo como referência as estrelas fixas.