

CONSTRUÇÃO DE MODELOS ASTRONÔMICOS COMO FORMA DE ESTUDAR AS IDEIAS DE PTOLOMEU E COPERNICO ACERCA DO MOVIMENTO RETRÓGRADO DE MARTE

Juliana Ricarda de Melo¹, Paulo Eduardo Brito²

1 Introdução

Copérnico e Ptolomeu são grandes nomes da astronomia pois proporcionaram revoluções na maneira como a humanidade compreende o universo ao longo da história.

Apesar da evidente diferença entre os modelos ser o deslocamento da posição da Terra (saindo do “centro” do Sistema Solar para a periferia do Sol), existem semelhanças entre os modelos, como a utilização de círculos (por exemplo, epiciclos) para explicar os movimentos dos astros, preservando os pressupostos da utilização do círculo como a forma mais perfeita, aceita e amplamente utilizada desde a época de pensadores como Aristóteles (MARTINS, 2003).

Os dois renomados astrônomos sistematizaram dados em distintos modelos de Sistema Solar que conseguiram explicar de forma satisfatória os movimentos dos astros, sendo importante ressaltar que as ideias de ambos não são completamente originais. A concepção de epiciclo já era utilizada por Eudoxo séculos antes de Ptolomeu (KUHN, 1990; DUHEM, 1984). Já Copérnico, fez um rearranjo dos dados de Ptolomeu, sendo relatado em Kuhn (1990) e Martins (2003) que ele não fez observações diretas do movimento dos astros para conceber sua teoria.

Um dos movimentos planetários que perturbavam os astrônomos era o movimento retrógrado de Marte, pois estava em dissonância com o modelo de um céu perfeito, com movimentos circulares uniformes perfeitos (DUHEM, 1984).

Tanto Ptolomeu quanto Copérnico

tiveram sucesso ao explicar como ocorre tal movimento, sendo o modelo do segundo astrônomo levemente mais sintético e aceitável. Isso porque no modelo de Ptolomeu há a presença do equante (ponto localizado próximo a Terra, em relação a qual o planeta percorre ângulos iguais em tempos iguais, bastante útil para explicar pequenas distorções nos movimentos dos planetas e, principalmente, do Sol), abolido por Copérnico, pois feria o modelo baseado em círculos uniformes (MARTINS, 2003).

Dentro desse contexto, pode-se criar uma ponte entre conteúdos astronômicos, história da ciência e utilização de recursos didáticos diversificados, abordando habilidades e competências requeridas em documentos oficiais, como os Parâmetros Curriculares Nacionais e as Diretrizes Curriculares Nacionais.

2 Modelagem em astronomia e o movimento retrógrado de Marte

A modelagem é uma ferramenta amplamente utilizada no ensino de ciências por facilitar a transição entre conceitos e suas aplicações. No processo de aprendizagem, a construção de modelos é constante, principalmente no que diz respeito aos modelos mentais. Quando os modelos mentais são concretizados, ou seja, é delimitado por uma representação física (figuras, maquetes, simulações), há a aplicação e desenvolvimento de diversas competências e habilidades almejadas pelos novos parâmetros educacionais (JUSTI, 2000).

Ao se deparar com a aplicação prática de conceitos, o estudante vivencia o processo

¹ Primeiro 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: jurm.ciencias@gmail.com

² Segundo 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

científico, construindo e reconstruindo conhecimentos para si. Nessa situação, ele pode verificar os limites e possibilidades de atuação de um conhecimento abstrato ao observar que nem sempre um modelo abarca a resolução do problema inicial, tendo então que se fazer novas tentativas, limitar a questão inicial, conviver com a incompletude da explicação em um modelo.

A construção de modelos serve, ainda, como meio de se estudar a história da ciência ao servir de apoio para visualizar as diferentes explicações que os cientistas deram para os fenômenos ao longo da história da humanidade, salientando as dificuldades encontradas e a novidade para superação de cada modelo anterior. Por exemplo, ao se estudar o modelo de átomo, pode-se facilmente verificar as mudanças ocorridas ao longo dos séculos, surgidas pela necessidade de aprimorar a explicação sobre a ocorrência de fenômenos (JUSTI, 2000).

No ensino, ao solicitar que os estudantes construam um modelo de átomo, pode-se ter clareza sobre o quanto foi absorvido acerca da temática e a partir daí, repensar práticas e utilizar um material didático construído pelos próprios alunos para prosseguir nos estudos, de maneira que o modelo também servirá como agente motivacional por ser uma atividade prática e trabalhar com o que o estudante acredita.

Em astronomia, a construção de modelos é essencial para a compreensão de fenômenos, pois trata largamente de objetos e situações de difícil acesso, como a composição do Sistema Solar, distância entre as estrelas, movimentos celestes, entre outros.

Nessa área, a modelagem e o uso de novas tecnologias facilitam e instigam os estudantes, pois pode-se visualizar fenômenos como eclipses ou modelos antigos a qualquer momento, desde que as ferramentas necessárias estejam presentes. Um importante aliado tecnológico é o computador. Com ele, pode-se criar situações e ter acesso a diferentes dados com maior facilidade. Atualmente, há uma grande quantidade de *softwares* gratuitos sobre astronomia que permitem mesmo a um iniciante na área obter simulações e imagens de fácil compreensão de situações como a origem do universo, movimento dos planetas e visualizações do céu em qualquer época desejada.

O *Stellarium* é um *software* gratuito de astronomia onde o usuário pode fazer observações do céu em ambos os hemisférios, com uma grande quantidade de recursos visuais e informações curiosas, como mitos sobre as constelações em diferentes culturas. A partir do *software* também é possível localizar e acompanhar o movimento de um único astro celeste, como o movimento de Marte, por exemplo. Além do efeito visual do movimento, pode-se ainda extrair do programa dados astronômicos como a ascensão reta, declinação, magnitude e a distância em relação ao Sol.

A partir da utilização dos dados fornecidos pelo *software* em questão, pode-se visualizar o movimento aparente de Marte no céu e recriar modelos históricos de explicação do fenômeno, mais especificamente os modelos de Copérnico e Ptolomeu.

O movimento aparente citado acima refere-se a percepção que temos ao observar o céu por um período de aproximadamente 2 anos, com foco em Marte. O que se pode verificar é que, em determinado momento, o planeta parece desacelerar e movimentar-se de leste para oeste (sendo o usual mover-se de oeste para leste), voltando em seguida a percorrer sua órbita normalmente, para leste. Tal ocorrência intrigou astrônomos por um longo período, surgindo diversas explicações para o fato.

Dentro da concepção geostática, Ptolomeu explica o fenômeno com a utilização de epiciclos e deferentes. Segundo Ptolomeu, a Terra estaria próxima ao centro do Universo e Marte estaria em um círculo excêntrico à Terra chamado deferente. Neste deferente, haveria outros dois círculos denominados epiciclos, sendo sempre um guiado pelo outro; ou seja, no deferente há um primeiro epiciclo, e neste há um segundo epiciclo menor, cada um com características de rotação diferentes para se ajustar ao fato observado. Assim, a explicação era formulada de maneira que, quando o planeta estava em movimento no epiciclo, havia momentos em que se encontrava mais internamente ao deferente e momentos em que estava mais externo (KUHN, 1990). A composição de movimentos ao longo do tempo criaria uma imagem no céu onde o movimento era para leste quando Marte estava na porção mais externa do epiciclo em relação ao deferente, e para oeste quanto estava na porção mais interna, como mostra a figura 1.

Já de acordo com Copérnico, no modelo heliocêntrico, o fenômeno é explicado pela diferença de velocidade de rotação dos planetas. A Terra desloca-se do centro do universo, ganhando uma órbita aproximadamente em torno do Sol, tendo em seguida Marte em outro deferente. Apesar de não abandonar a idéia de epiciclos e deferentes, a explicação do movimento de retrogradação dos planetas foi formulada de forma mais simples e diferente. No caso, como a Terra está em um deferente mais próximo do Sol e, conseqüentemente, menor, ela completa uma volta mais rapidamente do que Marte, que está mais distante e, portanto, percorre um caminho maior em torno do centro. Assim, quando a Terra se aproxima de Marte e o ultrapassa, a impressão que temos ao observar o céu é que Marte está cada vez mais devagar até começar a retornar na órbita (KUHN, 1990; MARTINS, 2003). Ao ultrapassar o planeta e continuar seu caminho, o observador terrestre vê no céu que Marte volta ao curso natural para leste.

O estudo dos dois modelos citados possibilita ao estudante verificar o processo de construção e aceitação de novos modelos criados a partir de observação e reinterpretação de dados, sem que os autores sequer tivessem visto todos os fenômenos que os motivaram em sua formulação de maneira externa ao sistema. Assim, a reconstrução dos modelos históricos além de ser uma forma criativa e facilitadora de introduzir e reforçar conteúdos, também serve como fonte de estudo dos fatores não científicos da aceitação de uma teoria, como os pressupostos que cada sociedade em diferentes épocas possuía e o impacto das descobertas na organização do pensamento geral. Algo que pode ser explorado nesse sentido é, por exemplo, os cuidados que Copérnico e seus apoiadores tiveram ao publicar a obra, incluindo a dúvida em divulgar os dados e a aceitação por parte da Igreja.

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma maneira de recriar os modelos de explicação do movimento retrógrado de Marte a partir das teorias de Ptolomeu e Copérnico, com a utilização do *software Stellarium* e de um editor de imagens.

3 Modelagem em astronomia e o movimento retrógrado de Marte

A montagem das figuras passou por diferentes etapas, com uma longa revisão de literatura acerca dos modelos a serem representados. Esse estudo permeou continuamente a produção das figuras, sendo aplicados os conceitos aprendidos em cada tentativa, que também levava a necessidade de compreender novos pontos dos modelos e, conseqüentemente, nova busca bibliográfica.

A leitura de textos históricos requer atenção especial, principalmente as fontes primárias, pois os escritos de Copérnico e Ptolomeu são de difícil compreensão, sendo claramente direcionados ao público com maior grau de conhecimento em matemática. Os cálculos são extensos e os textos, em sua maioria, são encontrados em língua estrangeira, como o inglês.

Outro cuidado que se deve ter é com as traduções, que nem sempre são fiéis ao texto original, como é discutido em fontes secundárias, como Kuhn (1990) e Duhem (1984).

Junto às leituras e discussões sobre o assunto, utilizaram-se diferentes aplicativos computacionais de fácil manejo. Para a produção das figuras, dois editores de imagens (*Paint* e *Paint.net*®) de uso gratuito e com comandos de fácil apreensão foram explorados, permitindo com bastante eficácia edições simples, como colagens, rotações, sobreposição de imagens e gerenciamento de cores.

Nas primeiras versões das figuras havia o conjunto de constelações ao fundo do movimento de Marte. Tal imagem foi conseguida com a utilização do *software Stellarium*. Foi do mesmo programa que retirou-se os dados sobre ascensão reta e declinação de Marte ao longo de 2009 e 2010, informações necessárias para plotagem gráfica do movimento do planeta.

O referido movimento foi inicialmente adquirido a partir da sobreposição de imagens do *Stellarium* nos editores de imagens. Em seguida, o mesmo movimento foi criado a partir da marcação dos dados de declinação e ascensão em carta estelar. Nesse caso, a imagem obtida era

esteticamente insatisfatória, devido a aproximações dos resultados para marcação com o uso de régua milimetrada.

Por fim, decidiu-se utilizar um gerador de gráficos (*nPlot*) no computador a partir da tabela com os dados retirados do *Stellarium*.

Após essa etapa, reuniu-se o movimento aparente de Marte ao movimento real do planeta previsto em cada modelo. As constelações ao fundo foram retiradas para reduzir as informações visuais da representação, ficando apenas o nome das constelações para o observador situar-se no espaço (Figura 2).

A construção do movimento retrógrado de Marte sob a perspectiva de Copérnico e Ptolomeu não seguiu de forma rígida os valores de epiciclo e deferentes de Marte, sendo o foco principal das representações apresentar uma visão do conceito base envolvido na explicação do fenômeno de retrogradação do astro em dois modelos distintos de Sistema Solar (ptolomaico e copernicano). Sob essa mesma perspectiva, reduziu-se a real quantidade de epiciclos dos modelos para apenas um.

A reconstrução desses modelos históricos pode ser visto como uma forma de incentivar o estudo da construção do conhecimento em astronomia, aliando conteúdos de difícil compreensão a uma atividade prática que envolve não apenas conteúdos formais, como também o domínio de ferramentas digitais, instiga a pesquisa, criatividade, busca de soluções com aplicação direta dos conhecimentos, sendo possível ainda, de acordo com a conduta dos envolvidos no processo, reflexão sobre as vertentes histórica e filosófica que adota-se ao longo da história da humanidade ao se aceitar novas teorias sobre o mundo.

Conclusão

A construção das figuras dos modelos explicativos de Ptolomeu e Copernico sobre o movimento de Marte na perspectiva de um observador terrestre leva a reflexão sobre a construção de conhecimentos, além de fornecer maior plataforma teórica para discussão astronômica e filosófica em sala de aula, acrescentando a formação *humana* aos conteúdos pré-estabelecidos nas escolas e faculdades.

Palavras-chave:

Ptolomeu, Copérnico, Modelos em Astronomia.

Agradecimento: à Professora Adjunta do Curso de Ciências Naturais da Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina (FUP), Louise Brandes Moura Ferreira pelo apoio durante toda a experiência aqui relatada.

Referências

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.

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.

Figuras:

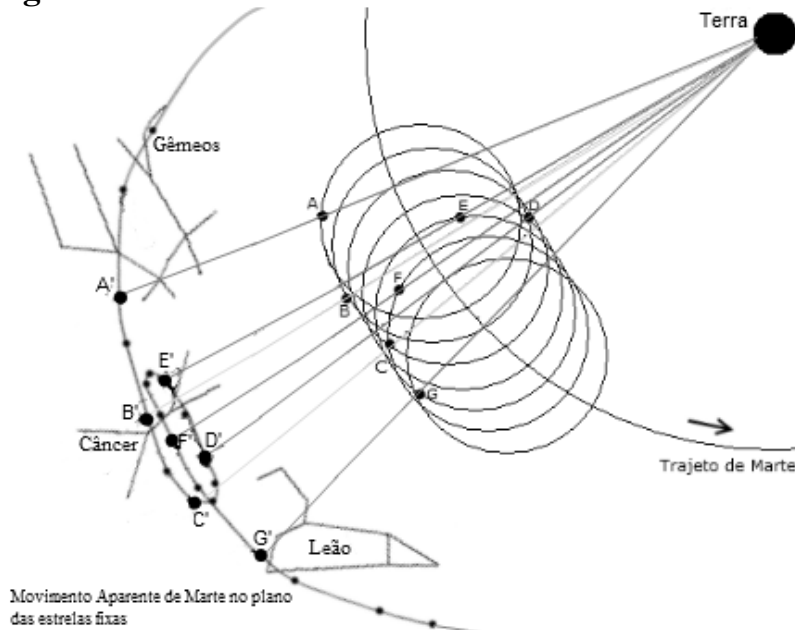


Figura 1: Primeira representação realizada sobre o movimento retrogrado de Marte a partir da concepção ptolomaica. Nessa tentativa os erros conceituais estavam presentes na posição escolhida para a Terra (centro do sistema) e ausência do equante.

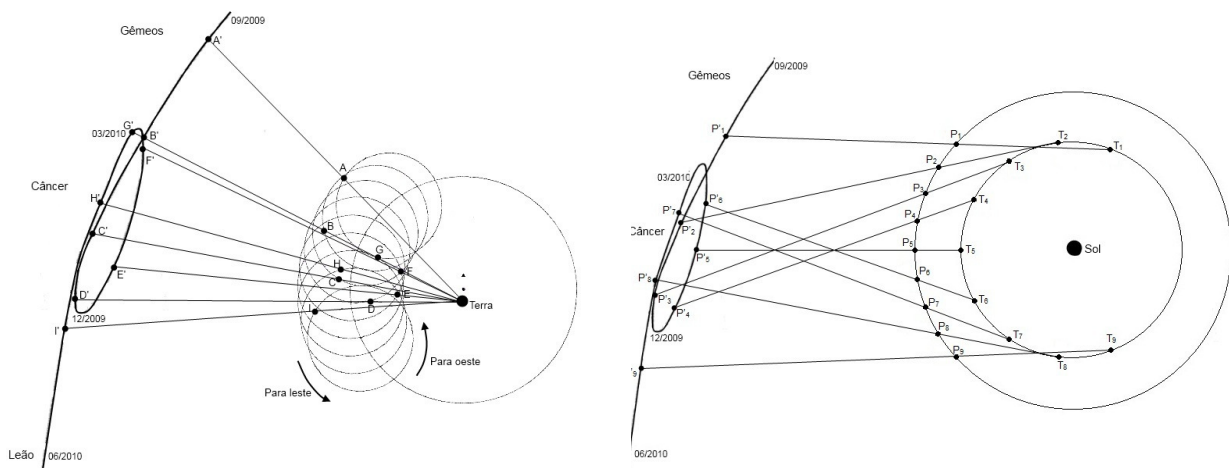


Figura 2: Representação final dos modelos de Ptolomeu e Copérnico para o movimento de Marte. No modelo ptolomaico (esquerda) há a presença do epiciclo, que se movimenta ao longo do tempo, gerando o movimento aparente visto por um observador na Terra, com aparência de um laço, onde o planeta retorna em sua trajetória. Já no modelo copernicano, a explicação é dada pela diferença de velocidades entre os planetas, de forma que o observador terrestre observa tal movimento de acordo com a proximidade ou não entre a Terra e Marte.