

# Problemas Capítulo 1: Solução e Dicas

José Fernando de Jesus & Rodrigo Fernandes Lira de Holanda

22 de maio de 2007

1.1 - Parece que o maior argumento contra a teoria geocêntrica é devido aos movimentos retrógrados de planetas como Marte, por exemplo. Esses movimentos são melhor explicados no contexto de uma teoria heliocêntrica do que geocêntrica, já que se tratam de um efeito do fato de que Terra e Marte, no seu movimento relativo em suas órbitas circulares, às vezes estão se aproximando e às vezes se afastando. Tentar manter a teoria geocêntrica frente a esse fato, só tende a complicar mais a teoria com um aumento de hipóteses ou suposições como os epiciclos. Essa observação pode ser feita mesmo visualmente.

1.2 - As hipóteses utilizadas por Aristarco foram:

a) A Lua recebe a sua luz do Sol.

b) A Terra está no centro da órbita circular da Lua.

c) Quando a Lua está em Quarto Crescente ou Minguante, o círculo que divide a Lua na sua parte brilhante e escura é paralelo ao raio Terra-Lua.

A passagem de lua nova para lua crescente dura cerca de 7,125 dias, sabendo que o mês lunar é de 29,5 dias, por uma regra de três simples, chega-se a  $360 \cdot 7,125 = y \cdot 29,5$ ,  $y = 87$ . Esta é a separação angular entre a Lua e o Sol visto por um observador na Terra. Seja  $d$  a distância já

conhecida Terra-Lua, a distância  $D$  entre Terra-Sol será:  $\sin 3 = d/D$  e  $D = 19d$ . Hoje sabe-se que esse valor é de  $380d$ . A dificuldade do método de Aristarco era saber precisamente os tempos de passagem entre as fases da lua.

- 1.3 - A observação das fases de Vênus demonstrou que Vênus não girava em torno da Terra. De fato, se Vênus girasse em torno da Terra, mais próximo do que o Sol, as suas fases teriam de ser idênticas às da Lua. No entanto, Galileu verificou que quando Vênus estava na fase semelhante à Lua Nova atingia a sua dimensão máxima, o que significava que estava o mais próximo da Terra possível enquanto que quando avançava para a fase semelhante à Lua Cheia, ia diminuindo de dimensão. Isto significava sem dúvida que Vênus tinha que girar em torno do Sol.
- 1.4 - A opinião de Descartes com relação ao vácuo puro não existir está correta. Modernamente, segundo a teoria quântica de campos, formalmente, o vácuo pode ser tratado como um conjunto de osciladores harmônicos quânticos independentes, cada um deles no estado fundamental, contribuindo com suas próprias oscilações de ponto zero. No entanto, no contexto da gravitação, de onde surgiu a questão de Descartes, a resposta veio com o advento da Relatividade Geral. Nesta teoria, a força gravitacional não precisa de um meio para se propagar, uma vez que ela seria a manifestação da própria geometria do espaço-tempo.
- 1.5 - É impossível sustentar um universo infinito e estático com distribuições de matérias finitas ou infinitas. No caso do Universo finito, é claro que a exigência de estaticidade acabará levando a um colapso gravitacional na direção do seu centro. No caso do Universo infinito, poderia se pensar que as forças gravitacionais de cada lado da estrela poderiam ser equilibradas pelas forças do outro lado. Porém, o que ocorre é que esse equilíbrio é difícil de se alcançar, de forma que, mais dia menos dia, as estrelas vão colapsar para diferentes pontos, onde houver um acúmulo um pouco maior de matéria.
- 1.6 - O próprio modelo heliocêntrico em detrimento do modelo geocêntrico, pois o primeiro explica as observações dos movimentos planetários por meio de hipóteses e idéias muito mais simples que a segunda.
- 1.7 - É altamente improvável, uma vez que, o universo sendo grande como é (provavelmente infinito), haveria poucas chances de ocuparmos algum

lugar privilegiado nele e não há nenhuma razão física para isso. De fato, a teoria da Relatividade Geral nos diz que o Universo ou é infinito ou é finito, porém ilimitado. Nos dois casos, ele não teria centro ou qualquer ponto pode ser considerado como seu centro.

Do ponto de vista da distribuição de matéria, essa parece estar distribuída bastante homogênea, assim mostrando a validade do Princípio Cosmológico, onde todos os observadores do Universo são equivalentes. As consequências da negação desta concepção seriam a quebra do Princípio Cosmológico, observando-se uma distribuição de matéria em função da distância à Terra, por exemplo. Um Universo finito de Newton com a Terra no centro, poderia ser possível, mas esse seria difícil de conciliar com as medidas provenientes da era da radiação, onde a pressão de radiação se mostra importante para a gravitação, fato que só é observado no contexto da RG.

- 1.8 - Podemos lembrar que o próprio Einstein estava imerso numa ambiência cultural que ecoava Aristóteles ao negar uma origem no tempo para o Universo. Assim, o primeiro Universo modelo que Einstein propôs era estático e fechado. Entretanto, este modelo foi negado em detrimento da teoria do Big Bang, que está apoiada em 4 robustos pilares: a própria teoria da relatividade geral, que possibilita soluções dinâmicas para o Universo e que nestas soluções existe um início (singularidade) e mais três fatos observacionais: a nucleossíntese primordial, que explica o surgimento dos elementos químicos leves nos primeiros segundos após o big bang, a expansão universal e a observação da radiação cósmica de fundo, uma radiação de corpo negro proveniente de uma época em que a radiação e matéria estavam acoplados. Todos estas observações apontam para um início, para um instante inicial, embora não falte especulações que este início possa ser apenas mais um dentre vários que já ocorreram.
- 1.9 - O planeta para o qual Kepler tinha o maior número de dados era Marte. Ele conseguiu determinar as diferentes posições da Terra após cada período sideral de Marte, e assim conseguiu traçar a órbita da Terra. Encontrou que essa órbita era muito bem ajustada por um círculo excêntrico, isto é, com o Sol um pouco afastado do centro. Kepler conseguiu também determinar a órbita de Marte, mas ao tentar ajustá-la com um círculo não teve sucesso. Ele continuou insistindo nessa ten-

tativa por vários anos, e em certo ponto encontrou uma órbita circular que concordava com as observações com um erro de 8 minutos de arco. Mas sabendo que as observações de Tycho não poderiam ter um erro desse tamanho (apesar disso significar um erro de apenas 1/4 do tamanho do Sol), Kepler descartou essa possibilidade. Finalmente, passou à tentativa de representar a órbita de Marte com uma oval, e rapidamente descobriu que uma elipse ajustava muito bem os dados. A posição do Sol coincidia com um dos focos da elipse. Ficou assim explicada também a trajetória quase circular da Terra, com o Sol afastado do centro. A técnica utilizada por Kepler deve ter sido a seguinte: medindo a posição de Marte durante uma revolução, ele consegue o ângulo da posição de Marte em função do tempo. Intuindo algum tipo de órbita para a Terra e para Marte (circulares, em princípio), ele pode calcular esse ângulo em função dos parâmetros orbitais (raios ou semi-eixos) e depois ajustar os parâmetros aos seus dados.

- 1.10 - No final do século XVIII, muito antes dos métodos de medidas de distâncias terem sido desenvolvidos, o astrônomo inglês W. Herschel tentou estimar o tamanho e a forma da nossa Galáxia simplesmente contando quantas estrelas ele podia ver em diferentes direções no céu. Supondo que todas as estrelas tinham o mesmo brilho, ele concluiu que a Galáxia era achatada, em forma de disco e que o Sol ocupava o seu centro.