



**INSTITUTO DE FÍSICA**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

*Pós-Graduação*

*Mestrado Profissional em Ensino de Física*

# **O DEBATE SOBRE A SALVAÇÃO DAS APARÊNCIAS**

## **EPISTEMOLOGIA DAS CIÊNCIAS NATURAIS**

Prof: Penha Maria Cardoso Dias

Sandro Fernandes

# BIBLIOGRAFIA

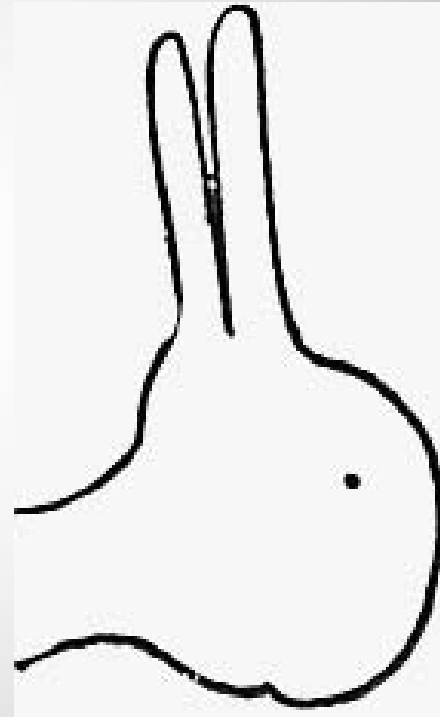
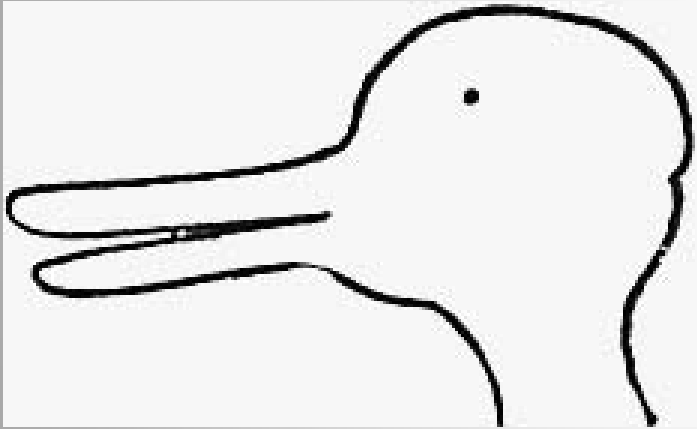
- [1] Losse, J, Introdução Histórica à Filosofia da Ciência; São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1979.
- [2] Pessoa, O . J, (2008) Teoria do conhecimento e Filosofia da Ciência I, capítulo IV.
- [3] Cadernos de História e Filosofia da Ciência(18.1 / 2008). Loparic, Z. O Ficcionalismo de Osiander.
- [4] Mariconda, P.R. (2005) O alcance cosmológico e mecânico da carta de Galilei a Francesco Ingoli. scientiæ zudia, São Paulo, v. 3, n. 3, p. 443-65, 2005
- [5] Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano. Trad., introd. e notas de P.R. Mariconda. São Paulo: Discurso Editorial/Imprensa Oficial, 2004.
- [6][http://www.on.br/site\\_edu\\_dist\\_2006/pdf/modulo1/nicolaus-copernicus.pdf](http://www.on.br/site_edu_dist_2006/pdf/modulo1/nicolaus-copernicus.pdf) (27/02/2010, 7:23)
- [7] LOPARIC, Z. Andreas Osiander: Prefácio ao De Revolutionibus Orbium Coelestium de Copérnico. Cadernos de História e Filosofia da Ciência, 1, p. 44-61, 1980.

# MOTIVAÇÃO

“Consideremos Johannes Kepler: imaginemos que ele esteja em um morro assistindo ao alvorecer. Com ele está Tycho Brahe. Kepler considerava que o Sol estaria fixo: seria a Terra que se move. Mas Tycho seguia Ptolomeu e Aristóteles pelo menos quanto a isso: a Terra estaria fixa e todos os outros corpos celestes se moveriam ao seu redor. Kepler e Tycho vêem a mesma coisa à leste no alvorecer?” (HANSON, N.R, *Padrões de Descoberta*, p. 5) (Teoria dos dados Sensoriais)

*Os dados sensoriais recebidos por suas retinas seriam quase idênticos, e o que mudaria seria só a interpretação dada para a sensação. Assim, ambos veriam a mesma cena, mas Tycho interpretaria os dados como mostrando o Sol se movendo, ao passo que Kepler os interpretaria como mostrando o movimento da Terra.*

# PATO OU LEBRE?



**PTOLOMEU**

**X**

**COPÉRNICO**



**(1) OSIANDER SOBRE MODELOS MATEMÁTICOS E  
A VERDADE FÍSICA**

**(2) O COMPROMISSO PITAGORIANO DE COPÉRNICO**

**(3) BELLARMINE VS. GALILEU**

**(4) O COMPROMISSO PITAGORIANO DE KEPLER**

**(5) LEI DE BODE**

# (1) OSIANDER SOBRE MODELOS MATEMÁTICOS E A VERDADE FÍSICA

No século XVI era objeto de debate o método apropriado na astronomia. O teólogo luterano Andreas Osiander (1498 – 1552) reforçou a tradição de salvar as aparências no seu prefácio ao *De Revolutionibus* de Copérnico.



"Andreas Osiander",  
de Georg Pencz, Roma, 1544

- Osiander argumentava que Copérnico trabalhava como os astrônomos que inventavam modelos matemáticos afim de predizer as posições dos planetas.
- Osiander declarou que não importa se os planetas giram em torno do sol. O que conta é que Copérnico foi capaz de salvar as aparências com esta *hipótese*.
- Em carta Osiander tentou convencer Copérnico a apresentar seu modelo como mera hipótese, pretendendo unicamente uma verdade matemática.

## UM TRECHO DE CARTA... [3]

Sempre acreditei que as hipóteses não são artigos de fé, mas bases para cálculos: de modo que não importa que sejam falsas, desde que esses últimos reproduzam exatamente as aparências dos fenômenos. Com efeito, se seguirmos as hipóteses de Ptolomeu, quem nos dirá se o movimento irregular do Sol se dá em razão de um epiciclo ou de uma excentricidade, uma vez que os dois dispositivos podem explicar os fenômenos? Seria, portanto, desejável que abordasses de leve esse assunto na tua Introdução. Dessa maneira, poderás apaziguar os peripatéticos e os teólogos cuja oposição temes.

## [7] O PREFÁCIO

Não duvido de que certos estudiosos – em consequência da divulgação da notícia sobre a novidade das hipóteses desta obra, que estipula ser a Terra móvel e, ainda, o Sol imóvel no centro do universo – se tenham fortemente chocado e julguem que não convém conturbar disciplinas liberais já há tanto tempo bem estabelecidas. Na verdade, se quisessem examinar o caso com exatidão, descobririam que o autor desta obra nada cometeu que mereça repreensão. **Com efeito, é próprio do astrônomo compor, por meio de uma observação diligente e habilidosa, o registro dos movimentos celestes. E, em seguida, inventar e imaginar as causas dos mesmos, ou melhor, já que não se podem alcançar de modo algum as verdadeiras, quaisquer hipóteses que, uma vez supostas, permitam que esses mesmos movimentos sejam corretamente calculados, tanto no passado como no futuro, de acordo com os princípios da geometria.** Ora, ambas as tarefas foram executadas com excelência pelo autor. Com efeito, não é necessário que essas hipóteses sejam verdadeiras, e nem mesmo verossímeis, bastando apenas que forneçam cálculos que concordem com as observações

## [7] O PREFÁCIO

...E se inventa alguma na imaginação, como certamente inventa muitas delas, todavia não o faz de modo algum para persuadir quem quer que seja de que assim é, mas tão somente para estabelecer corretamente o cálculo. E como às vezes várias hipóteses se oferecem para um mesmo movimento (como no caso do movimento do Sol, e da excentricidade e a do epiciclo), o astrônomo de preferência tomará aquela cuja compreensão seja a mais fácil. O filósofo talvez exigisse antes a verossimilhança, contudo, nenhum dos dois compreenderá ou transmitirá nada de certo a não ser que lhe seja revelado por Deus. Permitamos, pois, que, junto com as antigas, em nada mais verossímeis, se façam conhecer também essas novas hipóteses, tanto mais por serem elas ao mesmo tempo admiráveis e fáceis, e por trazerem consigo um enorme tesouro de doutíssimas observações. **E que ninguém espere da astronomia algo de certo no que concerne a hipóteses, pois nada disso procura ela nos oferecer, para que, tomando por verdadeiro algo que foi para outro uso imaginado, não venha a sair desse estudo mais estulto do que nela entrou. Salve!**

[3] A dissolução do cosmo aristotélico-ptolomaico ensejava, como bem o havia visto Osiander, um questionamento do sistema de organização institucional das disciplinas ditas científicas nas universidades de época, o que ele expressava em termos bem característicos como *“lançar confusão nas artes liberais, há muito constituídas com exatidão”*.

Há dúvidas de que o texto de  
Osiander *contradiz*  
explicitamente o ponto de vista  
de Copérnico?

### [3] Carta de Copérnico a Paulo III

Foi assim que, tendo suposto os movimentos que mais adiante nesta obra atribuo à Terra, descobri finalmente, depois de muitas e longas observações, que, se os movimentos dos outros astros errantes são referidos ao [centro do] movimento circular [orbital] da Terra e se esse é tomado como base de cálculo da revolução de cada astro, não somente se seguem daí os movimentos aparentes, mas também a ordem e as dimensões de todos os astros e orbes, e que o céu inteiro fica estruturado de tal maneira que se torna impossível mudar qualquer coisa em alguma das suas partes sem provocar a desordem em todas as outras e no Universo inteiro.<sup>18</sup>

## [2] Prováveis Intenções de Osiander...

- Favorecer o estudo técnico e matemático da nova teoria sem expô-la a discussões filosóficas e teológicas possivelmente mortíferas.

# Osiander pode ter prestado um grande serviço a Astronomia?

...O seu falso prefácio talvez tenha sido o responsável pelo fato de até 1620 o *De Revolutionibus* não ter sido posto no Index dos livros proibidos. [2]

## (2) O compromisso Pitagoreano de Copérnico

- Pitagórico, Copérnico buscava harmonias matemáticas nos fenômenos pois acreditava que elas realmente “aí estavam”.
- Acreditava que seu modelo heliocêntrico era mais do que um dispositivo computacional.
- Reconhecia que tanto o seu modelo quanto o de Ptolomeu forneciam dados da posição dos planetas com a mesma precisão.

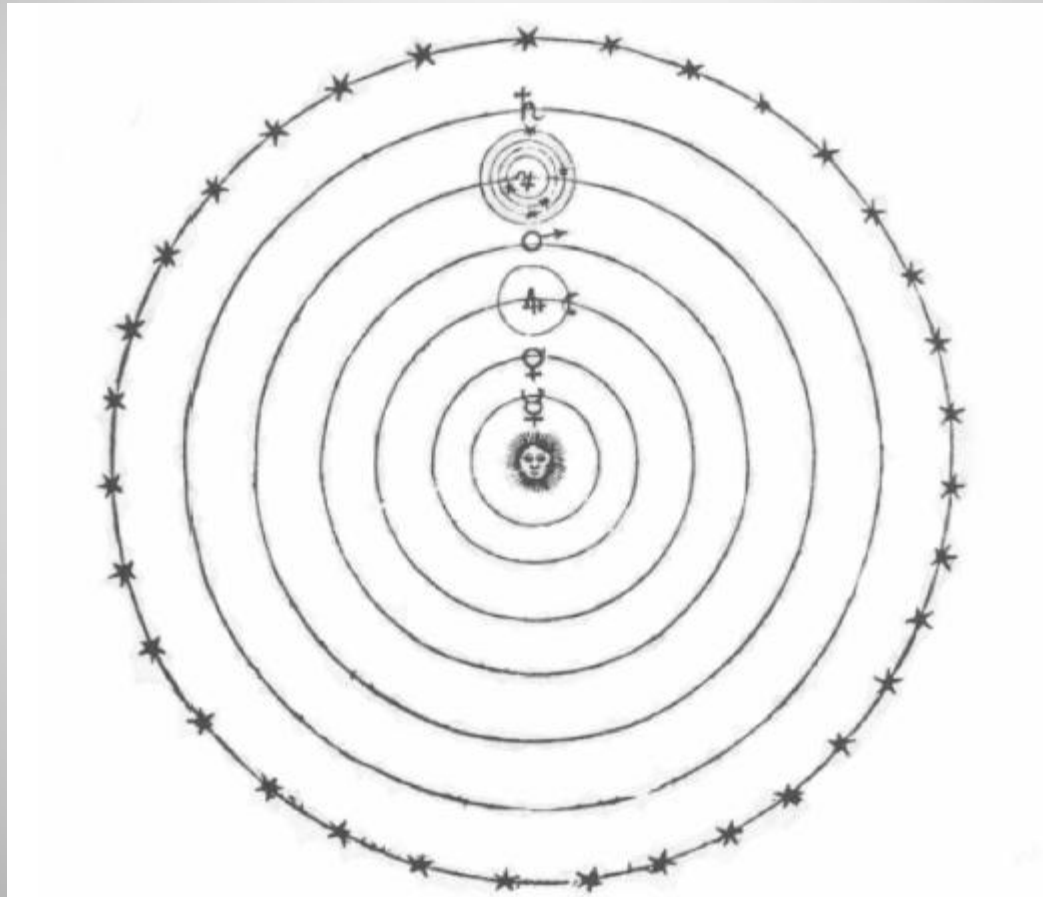
**Copérnico admitia que a opção entre os dois modelos deveria se basear não apenas nas concordâncias numéricas, ele proclamava a superioridade do seu sistema apelando para a “integração conceitual” como critério de aceitabilidade.**

Copérnico morreu antes de ter tido oportunidade de responder ao prefácio de Osiander, em consequência, a confrontação, no século XVI, dos dois sistemas (*Pitagorismo e a preocupação de salvar as aparências*), não foi tão intensa quando poderia ter sido.

## [6] Pontos que Copérnico propôs em seu livro "De Revolutionibus Orbium Coelestium"

- o Sol é o centro do Sistema Solar
- a Terra e os planetas descrevem órbitas circulares em torno do Sol
- o dia e a noite são o resultado da rotação da Terra em torno de seu eixo
- Mercúrio e Venus estão mais próximos ao Sol do que a Terra
- somente 3 movimentos da Terra são necessários
  - rotação diária em torno de seu eixo
  - revolução anual em torno do Sol
  - oscilação ou libração da Terra em torno do seu eixo, explicando a precessão dos equinócios.

Copérnico coloca os planetas visíveis a olho nú na seqüência correta a partir do Sol ou seja, Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno



**Argumentos usados contra as  
teses centrais do  
copernicianismo [3]**

1. Argumentos astronómicos a favor do geocentrismo
  - 1.1 Paralaxe
  - 1.2 Constância da luminosidade aparente das estrelas
  - 1.3 Visibilidade simultânea de exactamente metade da esfera celeste
  - 1.4 Excentricidades de Marte e Vénus e apogeu de Vénus
2. Argumentos físicos a favor do geocentrismo
  - 2.1 Posição inferior dos corpos pesados e densos
  - 2.2 Propriedades da peneira
3. Argumentos físicos contra o movimento diurno da Terra
  - 3.1 Aspectos gerais
  - 3.2 Queda vertical dos corpos
  - 3.3 Movimento dos projecteis
4. Argumentos astronómicos contra o movimento anual da Terra
  - 4.1 Constante latitude do nascimento e ocaso das estrelas fixas.
  - 4.2 Constante altura do pólo celeste
  - 4.3 Desigualdade da noite e dia
  - 4.4 Movimento dos cometas (Tycho)
5. Argumentos físicos contra o movimento da Terra em geral
  - 5.1 Corpos pesados preferem o repouso
  - 5.2 O movimento natural
  - 5.3 A Luminosidade dos corpos

# **Passagens da Bíblia usadas para fundamentar o geocentrismo[3]**

**Josué 10:12-13:** «No dia em que o Senhor entregou os amorreus nas mãos dos filhos de Israel, Josué falou ao Senhor e disse, na presença dos israelitas. “Detém-te, ó Sol, sobre Guibeon; e tu, ó Lua, sobre o vale de Aialon.” E o Sol deteve-se, e a Lua parou até o povo se ter vingado dos seus inimigos. Isto está escrito no Livro do Justo. O Sol parou no meio do céu e não se apressou a pôr-se durante quase um dia inteiro.»

**Salmos, 19 [18]: 5-7:** «[...]Deus fez, lá no alto, uma tenda para o Sol, donde ele sai, como um esposo do seu leito, a percorrer alegremente o seu caminho, como um herói. Sai de uma extremidade do céu e, no seu percurso, alcança a outra extremidade. Nada escapa ao seu calor».

**Salmos, 104 [103]: 5:** «Fundaste a terra sobre bases sólidas, ela mantém-se inabalável para sempre.»

**Eclesiastes, 1: 4-5:** «Uma geração passa, outra vem; e a terra permanece sempre. O Sol nasce e o Sol põe-se e visa o ponto donde volta a despontar.»

**(3) BELLARMINE**

**X**

**GALILEU**



[4] O cardeal **Roberto Bellarmino** (1542- 1621), jesuíta, doutor da Igreja, é o teólogo mais importante de seu tempo. Dedicou-se com zelo à defesa da autoridade da Igreja contra os reformados. Foi o cardeal inquisidor do processo  
contra

Bruno e participou da sentença de morte do nolanense. Aplicou a admoestação de Paulo V a Galileu Galilei no célebre encontro de 26 de fevereiro de 1616, segundo o qual Galileu não deveria ensinar nem defender a opinião copernicana.

Bellarmino informa a Galileu,  
que é permitido, segundo a  
igreja, discutir o sistema  
copernicano como modelo  
matemático para salvar as  
aparências

[5]“Primeiro. Digo que me parece que Vossa Paternidade e o **Senhor Galileu agiriam prudentemente** contentando-se em falar *ex suppositione* e não absolutamente, como sempre acreditei que tenha falado Copérnico. **Porque dizer que, supondo que a Terra se move e o Sol fica parado, salvam-se todas as aparências melhor que comondo excêntricos e epiciclos, é muito bem dito, e não tem qualquer perigo; e isto basta ao matemático; mas querer afirmar que realmente o Sol está no centro do mundo, e só gira sobre si mesmo sem correr do oriente para o ocidente, e que a Terra esteja no terceiro céu e gire com suma velocidade em torno do Sol, é uma coisa muito perigosa não apenas capaz de irritar todos os filósofos e teólogos escolásticos, mas também de causar dano à Santa Fé tornando falsas as Sagradas Escrituras...**”

[5]“Além disso, para controlar os espíritos petulantes, o Concílio decreta que, *em matérias de fé e de moral pertencentes à edificação da doutrina cristã*, ninguém, confiando em seu próprio juízo e distorcendo as Sagradas Escrituras segundo suas próprias concepções, ousará interpretá-las contrariamente àquele sentido que a Santa Mãe Igreja, a quem compete julgar seu verdadeiro sentido e significado, sustentou e sustenta, ou mesmo contrariamente à concordância unânime dos Padres, mesmo que tais interpretações não tenham sido publicadas. Aqueles que agirem diferentemente serão identificados pelos oficiais e punidos de acordo com as penalidades prescritas pela lei.”

**[5] “Terceiro. Digo que quando fosse verdadeira a demonstração de que o Sol está no centro do mundo e a Terra no terceiro céu e de que o Sol não circunda a Terra, mas a Terra circunda o Sol, então seria preciso tentar com muito cuidado explicar as Escrituras que parecem contrárias, e dizer que não as entendemos ao invés de dizer que seja falso aquilo que se demonstra. Mas não creerei que há tal demonstração até que me seja mostrada. (...) Acrescento que aquele que escreveu “Levanta-se o Sol e se põe, e retorna a seu lugar, etc.” foi Salomão, o qual não só falou inspirado por Deus, como também foi homem muitíssimo mais sábio e douto que todos os demais nas ciências humanas e no conhecimento das coisas criadas, e toda esta sabedoria recebeu-a de Deus. Donde não ser verossímil que afirmasse uma coisa que fosse contrária à verdade demonstrada ou que se pudesse demonstrar. E, se me for dito que Salomão fala de acordo com a aparência, parecendo-nos que o Sol gira enquanto a Terra gira, como a quem se afasta da praia parece que a praia se afaste do navio, responderei que quem se afasta da praia, embora lhe pareça que a praia se afaste dele, sabe, no entanto, que isto é um erro e o corrige, vendo claramente que o navio se move e não a praia. Mas, no que se refere ao Sol e à Terra, não há nenhum perito na matéria que tenha necessidade de corrigir o erro porque experimenta claramente que a Terra está parada e que o olho não se engana quando julga que o Sol se move, como também não se engana quando julga que a Lua e as estrelas se movem.”**

# **GALILEU E A DEFESA DO SISTEMA COPERNICANO**



**DIALOGO**  
DI  
**GALILEO GALILEI LINCEO**  
MATEMATICO SOPRAORDINARIO  
DELLO STUDIO DI PISA.  
*E Filosofo, e Matematico primario del*  
SERENISSIMO  
**GR. DVCA DI TOSCANA.**

Doe ne i congressi di quattro giornate si discorre  
fopra i due

**MASSIMI SISTEMI DEL MONDO**  
TOLEMAICO, E COPERNICANO;

*Proponendo indeterminatamente le ragioni Filosofiche, e Naturali  
tanto per l'una, quanto per l'altra parte.*

CON PRI



VILEGI.

IN FIORENZA, Per Gio:Batista Landini MDCXXXII.

CON LICENZA DE' SUPERIORI.

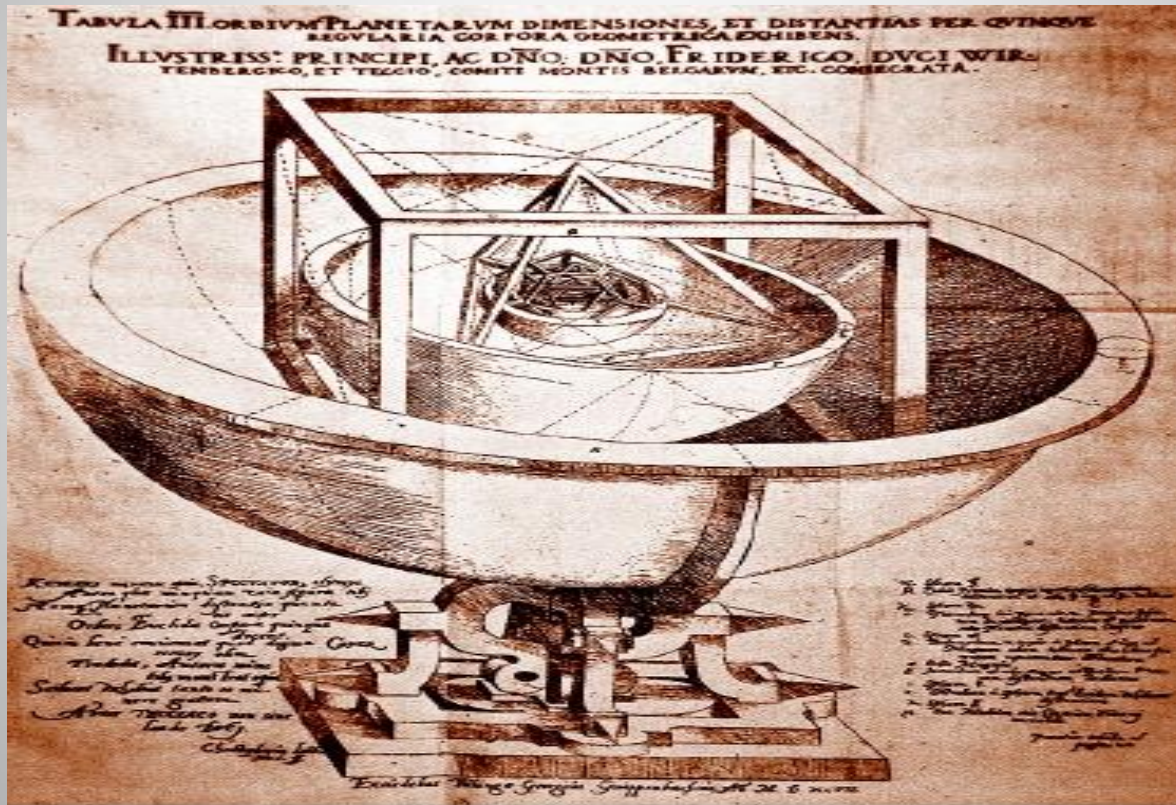
- Galileu não considerava a hipótese heliocêntrica como mero dispositivo de cálculo para salvar as aparências .
- Lançou vários argumentos a favor da *verdade Física* do sistema de Copérnico.
- Galileu manteve seu compromisso pitagórico com a convicção de que a experiências bem escolhidas poderiam estabelecer a existência de harmonias matemáticas no Universo.

## (4) O COMPROMISSO PITAGÓRICO DE KEPLER

Acreditando que Deus criou o sistema solar de acordo com um padrão matemático, ele procurou correlacionar as distâncias dos planetas ao sol por meio de figuras geométricas.

# O PLANO DIVINO DA CRIAÇÃO

Ninho de poliedro regulares de Kepler



**Kepler continuou na busca das regularidades matemáticas no sistema solar e acabou formulando as três leis do movimento dos planetas.**

# Uma aplicação notável dos princípios pitagóricos

## A terceira Lei

Ele estava convencido de que deveria existir uma correlação matemática entre as distâncias planetárias e as velocidades orbitais.

Kepler formulou várias correlações matemáticas suspeitas...

$$Densidade = \frac{1}{\sqrt{distância}}$$

<b>Planeta</b>	<b>Densidade</b>	<b>Substância Terrestre</b>
Saturno	324	Pedras preciosas
Júpiter	438	Magnetita
Marte	810	Ferro
Terra	1000	Prata
Venus	1175	Chumbo
Mercúrio	1605	Mercúrio

Do ponto de vista pitagórico, a adequação de uma correlação matemática é determinada lançando mão dos critérios de “acordo satisfatório” e “simplicidade”.

Se ela concorda com os fenômenos em questão ,  
deve ser importante.

Para quem não compartilha da fé pitagórica, julgaria que a relação densidade-distância não passa de coincidência.

## (5) A LEI DE BODE (TITIUS-BODE)

Uma lei absolutamente empírica, descoberta por J.D. Titius (1729 - 1796) em 1766, e mais tarde estudada e divulgada por J.E. Bode (1747 - 1826), a chamada **“Lei de Bode”**, fornece-nos uma escala razoável para a distância dos planetas e apresenta a vantagem de se chegar a todos os valores com extrema facilidade.

### Valores pela 3ª Lei de Kepler

Planeta	Período (anos)	Distância (ua)
Mercúrio	0,241	0,387
Vênus	0,615	0,723
<b>Terra</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
Marte	1,881	1,524
Júpiter	11,86	5,203
Saturno	29,46	9,539
Urano	84,01	19,19
Netuno	164,8	30,06
Plutão	248,6	39,53

Uma lei absolutamente empírica, descoberta por J.D. Titius (1729 - 1796) em 1766, e mais tarde estudada e divulgada por J.E. Bode (1747 - 1826), a chamada "**Lei de Bode**", fornece-nos uma escala razoável para a distância dos planetas e apresenta a vantagem de se chegar a todos os valores com extrema facilidade. Começemos escrevendo a série

**0    3    6    12    24    48    96    192    384    768**

Os dois primeiros termos são facilmente memorizáveis (0 e 3) e os demais se obtém sempre dobrando os valores a partir de 3. Em seguida, somamos 4 a cada um destes números:

**4    7    10    16    28    52    100    196    388    772**

A seguir dividimos por 10 e vamos obter aproximadamente as distâncias médias ao Sol:

**0,4    0,7    1,0    1,6    2,8    5,2    10,0    19,6    38,8    77,2**

- Em 1722 Johnn Titius sugere a correlação e os “devidos ajustes”.
- Johann Bode se impressiona com a relação e aceita a posição pitagórica de que um bom acordo não deveria ser uma mera coincidência. Essa relação se torna a “Lei de Bode”.
- Em 1781 a descoberta de Urano e a concordância com o próximo termo na Lei de Bode (196).
- Buscava-se o Planeta faltante entre Marte e Júpiter.
- 1801 e 1802 descobriu-se os asteróides Ceres e Pallos.
- Urano tinha seu movimento perturbado por um planeta mais distante. Seria o termo seguinte (388) na Lei de Bode?
- Não! Era de aproximadamente 300, não estando assim em bom acordo com a Lei de Bode.

Um Pitagórico poderia explicar o caso anômalo de Netuno argumentando que este seria uma aquisição tardia, por captura, do sistema solar, e não dos planetas originais.

**FIM...**