

Teorias da Terra Plana e a Primeira Revolução Científica

Flat Earth theories and the First Scientific Revolution

Tuan M. Gomes¹, Ivo A. Marques^{*1}

¹Universidade Federal de Goiás, Instituto de Física, Goiânia, GO, Brasil.

Recebido em 05 de novembro de 2024. Revisado em 09 de julho de 2025. Aceito em 14 de agosto de 2025.

Todas as civilizações antigas conhecidas (até em torno de 500 a.C.) concebiam a noção genérica de Terra Plana (ou Terra de Base Plana) com uma cobertura sólida e transparente para segurar o céu. A essa noção genérica daremos o nome de Visão Arcaica de Mundo. Chamaremos de Visão Clássica de Mundo a noção de que a Terra teria a forma esférica e estaria estática no centro do Universo. Chamaremos de Visão Moderna de Mundo a noção de que a Terra teria a forma esférica e orbitaria em torno do Sol. Para as duas últimas visões de mundo não mais existiria uma estrutura sólida para segurar o céu. A passagem da Visão Clássica de Mundo para a Visão Moderna de Mundo, que se deu nos séculos XVI e XVII, marcou o nascimento da Ciência. A passagem da Visão Arcaica de Mundo para a Visão Clássica de Mundo é o que chamamos aqui de Primeira Revolução Científica. No presente trabalho apresentaremos os principais elementos tanto da Visão Arcaica de Mundo quanto da Visão Clássica de Mundo, bem como pinceladas sobre a Primeira Revolução Científica.

Palavras-Chave: Astronomia Grega, Terra Esférica, Anaximandro de Mileto, Anaxágoras de Clazômenas e Aristóteles.

All known ancient civilizations (until around 500 BC) conceived the generic notion of Flat Earth (or Flat-Based Earth) with a solid and transparent roofing to hold up the sky. We will call this generic notion Archaic World View. We will call Classical World View the notion that the Earth would have a spherical shape and would be static at the center of the Universe. We will call Modern World View the notion that the Earth would have a spherical shape and would orbit around the Sun. For the last two world views there would no longer be a solid structure to hold up the sky. The transition from the Classical World View to the Modern World View, which took place in the 16th and 17th centuries, marked the birth of Science. The transition from the Archaic World View to the Classical World View is what we call here the First Scientific Revolution. In this work we will present the main elements of the Archaic World View and the Classical World View, as well as insights into the First Scientific Revolution.

Keywords: Greek Astronomy, Spherical Earth, Anaximander of Miletus, Anaxagoras of Clazomenae and Aristotle.

1. Introdução

Quando estamos em um espaço aberto na superfície da Terra, como na Figura 1, o que os nossos olhos contemplam está de acordo com a noção de que a Terra, nossa morada, possui uma base plana sobre a qual estão apoiados as montanhas e os demais acidentes geográficos que constituem a paisagem local. Essa noção fica ainda mais evidente quando olhamos a linha do horizonte na direção do oceano. Ou seja, os nossos sentidos, de forma direta, nos induzem a pensar que a Terra possui uma base plana sobre a qual se erguem os diversos relevos.

Ao olhar para o céu sem nuvens durante o dia, como na Figura 1, vemos que ele é azul. O azul do céu é de certa forma similar ao azulado do mar, ou seja, ao azulado da água em grande quantidade. Assim, por analogia, seria intuitivo imaginar que há água em grande quantidade no céu. Para que essa água não caia sobre a Terra deveria

haver algo para impedir a queda. Dessa forma, deveria haver uma estrutura sólida e transparente, comumente chamada de cúpula (ou domo, ou abóbada) celeste, que tivesse a função estrutural de “segurar” as águas do céu.

Por outro lado, ao olhar para o céu sem nuvens durante a noite vemos que ele é escuro, mas apresenta vários pequenos pontos brilhantes. Chamaremos esses pequenos pontos brilhantes genericamente de estrelas. Como esses pontos não caem sobre a Terra, eles devem estar ligados à própria estrutura sólida do céu. Embora ligados, de alguma forma os pontos brilhantes teriam movimento lateral ao longo da cúpula, afinal eles mudam de posição ao longo da noite. Nesse aspecto, destacamos que quando olhamos para uma estrela não temos a percepção de distância. Para quem está na superfície da Terra, a aparência visual de uma estrela será a mesma se ela for muito grande e estiver muito distante ou se ela for pequena e estiver perto. A partir da superfície da Terra não há percepção sensorial de profundidade no céu. Ademais, também o Sol e a Lua estariam de alguma forma ligados à cúpula celeste.

*Endereço de correspondência: ivo@ufg.br

Editor-Chefe: Marcello Ferreira



Figura 1: Espaço aberto e sem nuvens na superfície da Terra durante o dia.

Tanto a noção de Terra de Base Plana, que em geral é chamada simplesmente de Terra Plana, quanto a noção de cúpula celeste surgem juntas a partir de interpretações simplistas para a observação direta, sendo elas nada mais do que manifestações do senso comum do homem arcaico. Dessa forma, como veremos na próxima seção, não é coincidência que as civilizações antigas (até em torno de 500 a.C.) tenham imaginado a Terra como sendo plana (ou de base plana) e coberta por uma estrutura sólida e transparente para segurar o céu. Chamaremos essa noção de mundo de Visão Arcaica de Mundo.

Chamaremos de Visão Clássica de Mundo a noção de que a Terra teria a forma esférica e estaria estática no centro do Universo. Chamaremos de Visão Moderna de Mundo a noção de que a Terra teria a forma esférica e orbitaria em torno do Sol. Para ambas as visões de mundo não mais existiria uma estrutura sólida para segurar o céu. A passagem da Visão Clássica de Mundo para a Visão Moderna de Mundo, que se deu nos séculos XVI e XVII, marcou o nascimento da Ciência [1–3]. A passagem da Visão Arcaica de Mundo para a Visão Clássica de Mundo é o que chamamos aqui de Primeira Revolução Científica. Como veremos, a Primeira Revolução Científica se deu em torno de dois mil anos antes do nascimento da Ciência em si.

O objetivo do presente trabalho é apresentar os principais elementos tanto da Visão Arcaica de Mundo quanto da Visão Clássica de Mundo, bem como pinceladas sobre a Primeira Revolução Científica. Convém destacar que, apesar da relevância do tema em questão, ele é pouquíssimo abordado nos materiais didáticos tradicionais, tanto no Ensino Básico [4–8] quanto no Ensino Universitário [9–12].

É importante esclarecer que o artigo foi desenvolvido com o intuito de ser utilizado como material historiográfico de base por professores de Física, Astronomia e Ciências afins. Assim, propositalmente, não exploramos possíveis formas de trabalhar o conteúdo em sala de aula, nem questões relacionadas ao atual modismo do

“terraplanismo” e outras pseudociências [13–16]. Acreditamos que isso pode ser feito, a partir do presente material, pelo professor da disciplina ou, em nível de pesquisa, em um trabalho posterior.

2. As Primeiras Civilizações

2.1. Egípcios

No Egito faraônico concebia-se o mundo como sendo plano (ou de base plana) e cercado por água. O céu seria uma estrutura sólida e transparente, como uma cúpula, que cobriria o mundo. Acima da cúpula celeste também haveria água. Na mitologia egípcia o deus Shu (deus do ar) tem a função de segurar a deusa Nut (a deusa do céu) para que ela não se una ao deus Geb (o deus da terra), Figura 2. Sem Shu, a tendência natural seria a união entre Nut e Geb, ou seja, a queda do céu. O motivo Shu/Nut/Geb foi encontrado em vários papiros e tumbas egípcias [17], tendo sido popular ao longo dos três mil anos de história do Egito faraônico. Ademais, todos os dias o deus Rá (o deus do Sol) navegaria pelas águas de Nut de Leste para Oeste, Figura 2. Durante a noite ele voltaria ou por debaixo da Terra, navegando pelas águas subterrâneas, ou lateralmente, navegando pelas águas que circundariam a Terra, a depender da versão do mito.

2.2. Mesopotâmicos

As antigas civilizações da Mesopotâmia concebiam o mundo como sendo plano (ou de base plana) e cercado por água. O céu seria uma estrutura sólida e transparente, como uma cúpula, que cobriria o mundo. Acima da cúpula celeste também haveria água. Na Figura 3 apresentamos o mais antigo “mapa-múndi” (ou diagrama cosmológico) conhecido [18]. Ele foi confeccionado em

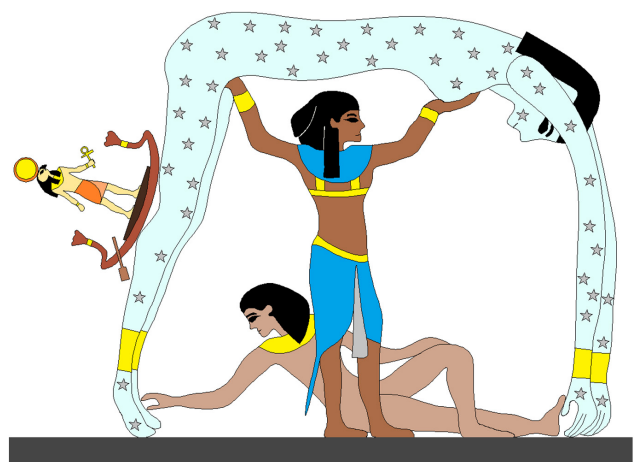


Figura 2: O motivo Shu/Nut/Geb. O deus Shu (o deus do ar) de pé sobre o deus Geb (o deus da terra) apoia a deusa Nut (a deusa do céu). O deus Rá (o deus do Sol) navega diariamente pelas águas de Nut.

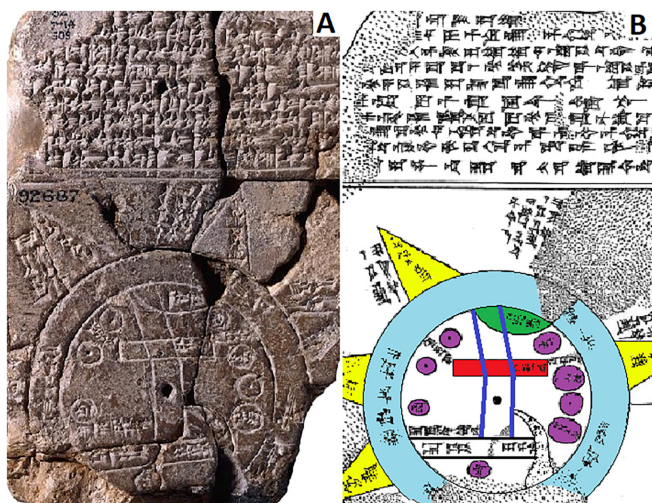


Figura 3: “Mapa-múndi” (ou diagrama cosmológico) babilônico [18]. (A) Fotografia da peça original. (B) Reconstrução do layout da peça: Babilônia (em vermelho), oceano circular (em azul claro), ilhas lendárias (em amarelo), montanhas ao norte da mesopotâmia (em verde) e algumas cidades da região (em roxo). As duas linhas em azul que passam pela Babilônia representam o rio Eufrates. Textos escritos em acadiano podem ser vistos por toda a peça.

uma placa de argila, no padrão mesopotâmico, em torno do século VI a.C. Uma nota escrita na própria placa indica que ela é uma cópia de um original mais antigo, o qual provavelmente não seria anterior ao século IX a.C. No diagrama cosmológico vemos que a cidade da Babilônia ocupa posição de destaque e que ao redor da terra habitada haveria um oceano circular, ou rio circular, além do qual haveria algumas ilhas lendárias.

No poema épico de Gilgámesh, versão babilônica de Sin-léqi-unninni [19], em torno do século XIII a.C., temos a seguinte passagem (p. 105):

“Do monte o nome era Máshu

Ao monte Máshu quando ele [Gilgámesh] chegou -

Monte que dia a dia guarda a saída do Shámash [deus Sol],

Seus topos a armação do céu atingem,

Embaixo, ao Arallû [mundo subterrâneo] seus seios chegam - ,

Homens-escorpiões guardavam o portal:

Deles terrível é o temor e o olhar é morte,

Seu pavoroso resplendor envolve as montanhas,

A saída do Shámash e ao pôr de Shámash guarda fazem a Shámash.

[...]

Gilgámesh isto quando ouviu,

Ao dito pelo homem-escorpião - - -

A rota de Shámash tomou - - - :”

Os símbolos “-” indicam lacunas no texto original. No trecho em questão o herói Gilgámesh vai até os confins do mundo e encontra a montanha na qual o deus Sol, Shámash, inicia sua travessia diária. Ou seja, o Sol nasceria em uma montanha e se poria em outra. Durante

a noite ele passaria por debaixo da superfície da Terra, fazendo o trajeto entre as duas montanhas. No trecho em questão o que Gilgámesh fez foi percorrer a rota noturna de Shámash enquanto ele fazia seu percurso diário, ou seja, ele realizou a façanha épica de cruzar o mundo em um dia.

Em outro trecho do mesmo poema temos (p. 52) [19]:

“Mãe, um sonho vi esta noite:

Apareceram-me estrelas do céu,

Como rochas de Ánu [deus do céu] caíam sobre mim:

Prendi uma, era pesada para mim,

Tentava movê-la, não podia levantá-la;”

Nesse caso Gilgámesh descreve um sonho onde um pedaço do céu teria caído sobre ele. O medo da queda do céu era um tema mitológico recorrente na Antiguidade. Afinal de contas, a observação diária mostra que as coisas tendem a cair, assim, por que a estrutura sólida do céu não cairia também?

2.3. Hebreus

Os antigos hebreus concebiam o mundo como sendo plano (ou de base plana) e cercado por água. O céu seria uma estrutura sólida e transparente, como uma cúpula, que cobriria o mundo. Acima da cúpula celeste também haveria água. Em Gênesis 1:7, fonte P [20], em torno do século VI a.C., temos: “E Deus fez o firmamento. Separou as águas debaixo do firmamento, das águas acima do firmamento. E assim se fez.” Ou seja, haveria águas tanto abaixo quanto acima do firmamento. Em Gênesis 7:11, também fonte P [20], lemos: “No ano seiscentos da vida de Noé, no segundo mês, no dia dezessete do mês, nesse dia rebentaram todas as fontes do abismo e se abriram as cataratas do céu.” Assim, teria sido justamente as águas que ficam acima do firmamento as responsáveis pelo dilúvio universal no relato bíblico. Em Jó 26:11 [21], em torno do século V a.C., encontramos: “As colunas do céu se abalam, assustadas com sua ameaça.” Vemos que também os hebreus se preocupavam com a temática da queda da estrutura sólida do céu. É preciso haver algo para impedir que o domo celeste caia sobre a Terra. Em Jó 9:6 [21] temos: “abala a terra desde os fundamentos e faz vacilar suas colunas.” Vemos também que a própria Terra demandaria “colunas”, afinal, terra não flutua em água. Desta forma, para que a Terra ficasse estável sobre as águas, seria necessário que ela, assim como o céu, fosse apoiada por “colunas”.

2.4. Gregos

Por fim, os antigos gregos, a última civilização da qual tomaremos exemplos, concebiam o mundo como sendo plano (ou de base plana) e cercado por água. O céu seria uma estrutura sólida e transparente, como uma cúpula, que cobriria o mundo. Acima da cúpula celeste também haveria água. Na *Ilíada* de Homero [22], em torno do século VII a.C., canto XVIII, versos 607-8, temos: “[Hefesto] colocou ainda a grande força do rio



Figura 4: Reconstrução em prata dourada do “escudo de Aquiles” feita pelos artistas ingleses John Flaxman e Philip Rundell em 1822 [23]. Na borda do escudo temos a representação do rio Oceano, cujas águas circundam a Terra.

Oceano, à volta do último rebordo do escudo bem forjado.” O deus Hefesto construiu um escudo para o herói Aquiles. No escudo ele representou alegoricamente o mundo imaginado pelos gregos. Como indicado no trecho acima, na borda do escudo ele colocou o rio Oceano, ou seja, na representação de Homero, a Terra seria rodeada pelas águas do rio Oceano. Na Figura 4, mostramos a reconstrução em prata dourada do “escudo de Aquiles” feita pelos artistas ingleses John Flaxman e Philip Rundell em 1822 [23].

No canto VII da *Ilíada* [22], versos 421-3, temos: “O sol começava a lançar seus raios sobre os campos, erguendo-se do Oceano com fundas correntes de brando fluir em direção ao céu, quando as hostes se encontraram.” Assim, o Sol ergue-se a partir do rio Oceano e ao final do dia ele volta para o rio Oceano. Durante a noite o Sol contornaria a Terra lateralmente, levado pelas correntes do rio Oceano. A Lua e parte das estrelas também fariam esse trajeto. Na *Teogonia* de Hesíodo [24], em torno do século VII a.C., versos 214-6, temos: “Também gerou Momo, a lamentosa Pênia e as Hespérides, que além do glorioso Oceano guardam os ricos pomos de ouro e as árvores em que nascem esses frutos.” Dessa passagem, vemos que o lendário jardim das Hespérides fica além do rio Oceano, ou seja, além da região conhecida pelos homens. Vale lembrar que também no “diagrama cosmológico” babilônico, Figura 3, são conjecturadas regiões lendárias além das águas que circundam o mundo habitado pelos homens.

Como os demais povos antigos, também os gregos sentiam a necessidade de apoio para evitar a queda da estrutura sólida do céu. Na *Teogonia* de Hesíodo [24],

versos 517-9, temos: “Nos confins da terra, coagido por poderosos desígnios, Atlas sustenta o vasto céu sobre sua cabeça, de pé, com infatigáveis braços, diante das Hespérides de doce voz.” O deus Atlas seria o responsável por segurar o domo celeste para que ele não caia sobre a Terra. Vemos que a função de Atlas é estruturalmente a mesma que a do deus Shu na mitologia egípcia, Figura 2. Na *Odisseia* de Homero [25], também em torno do século VII a.C., canto I, versos 51-4, temos: “É uma ilha frondosa, onde tem sua morada a deusa filha de Atlas de pernicioso pensamento - esse que do mar conhece todas as profundezas e segura ele mesmo as colunas potentes, que céu e terra separados mantêm.” Embora a versão de Homero difira da versão de Hesíodo, claramente ambas as passagens indicam uma estrutura sólida que deve ser apoiada para que o céu não se despedace e caia sobre a Terra.

2.5. A Visão Arcaica de Mundo

De forma geral não havia unanimidade nas descrições mitológicas da Antiguidade. Os relatos mitológicos, justamente por serem mitos/lendas, são susceptíveis a grandes variações. Para os mitos vale o ditado popular: “Quem conta um conto aumenta/modifica um ponto”. No entanto, de forma genérica, todas as civilizações antigas conhecidas (até em torno de 500 a.C.) imaginavam o mundo como sendo plano (ou de base plana) e cercado por água. Além disso, para essas civilizações o céu seria uma estrutura sólida e transparente que cobriria o mundo e separaria as águas de cima das águas de baixo. Como a observação direta sugere, as nuvens e demais fenômenos atmosféricos estariam localizados abaixo da cúpula do céu. Esses elementos constituem a essência da Visão Arcaica de Mundo.

Na Figura 5 apresentamos um modelo genérico representativo para a Visão Arcaica de Mundo das primeiras civilizações. A Terra, de base plana e em forma de disco, seria recoberta por um relevo e cercada lateralmente por água. Cobrindo a Terra haveria a cúpula celeste, acima da qual haveria água. Abaixo da Terra haveria “colunas”, ou “raízes”. A cúpula celeste também seria suportada por “colunas”. Afinal, o medo de o céu cair era uma preocupação genuína na Antiguidade. Entre a superfície da Terra e a cúpula celeste estariam as nuvens e demais fenômenos atmosféricos.

Na Figura 5 mostramos apenas uma camada de água acima do domo celeste. Uma possível variante seria imaginar que essa água se estendesse infinitamente. Dessa forma, o mundo seria como uma bolha de ar no meio de um mar infinito. Uma outra variante poderia ser obtida a partir de mudanças na estrutura sólida do céu, a qual não precisaria ter necessariamente a forma hemisférica, ela poderia, por exemplo, ser plana. Uma terceira opção de variação estaria relacionada à forma da Terra, que poderia ser, por exemplo, um quadrado. Como estamos lidando com concepções arcaicas de mundo, é possível que todas as variantes tenham sido conjecturadas em

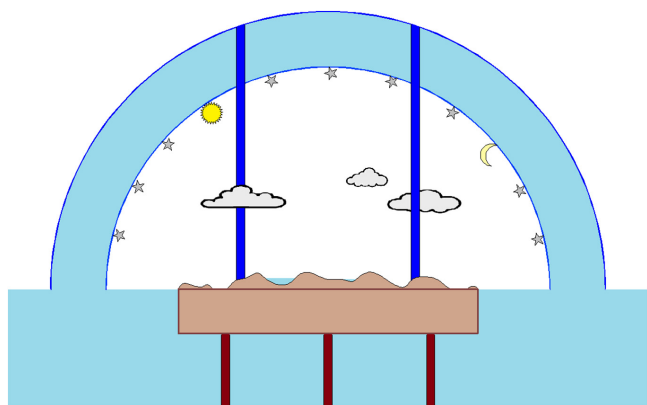


Figura 5: Visão Arcaica de Mundo. Representação esquemática bidimensional de um possível sistema cosmológico genérico para as primeiras civilizações.

algum lugar e em algum momento ao longo dos milhares de anos de existência das primeiras civilizações.

3. Os Primeiros Filósofos Gregos

3.1. Sobre os pré-socráticos

Os primeiros filósofos gregos são genericamente denominados filósofos pré-socráticos. Eles viveram nos séculos VI e V a.C. As datas de nascimento e morte dos pré-socráticos, quando possíveis de serem estimadas, são aproximações que a grosso modo podem ser pensadas numa margem de erro de mais ou menos uma década. Infelizmente nenhum livro dos primeiros filósofos sobreviveu até a atualidade. O que temos são citações casuais de pequenos trechos em obras de autores posteriores, os ditos fragmentos dos pré-socráticos. Para aqueles que desejarem adentrar o mundo da filosofia pré-socrática recomendamos os livros “Os Pré-Socráticos e o Nascimento da Filosofia da Natureza” de Marques [26], “Os Filósofos Pré-Socráticos” de Kirk, Raven e Schofield [27] e “Primórdios da Filosofia Grega” organizado por Long [28].

As principais fontes de informações (fontes secundárias) sobre as visões de mundo dos pré-socráticos são os filósofos peripatéticos Aristóteles de Estagira (384–322 a.C.) e Teofrasto de Eressos (372–287 a.C.). O primeiro, em grande medida, através do tratado “Do Céu” e o segundo do livro “Pareceres dos Filósofos Naturalistas”. O livro de Teofrasto, lamentavelmente, se perdeu ao longo da história, mas antes de se perder ele serviu como fonte para outros tratados, de forma que partes do livro sobreviveram em livros de filósofos posteriores. Na presente seção, todas as citações foram extraídas do livro II do tratado “Do Céu” de Aristóteles [29].

Deve-se ter em mente que quando lidamos com os filósofos pré-socráticos, devido à escassez e à falta de

clareza dos relatos doxográficos, não é possível a reconstrução de suas ideias de forma completa e coerente. O que conseguimos fazer, nos melhores casos, é trazer alguns *insights* plausíveis sobre suas principais opiniões em relação a um determinado assunto. Mais do que isso é quase sempre impossível. Além de escassos, muitas vezes os relatos doxográficos são também contraditórios, dando margem para interpretações distintas.

Na presente seção faremos uma apresentação geral sobre os principais elementos das visões de mundo de alguns dos pré-socráticos. Infelizmente não sobreviveram relatos doxográficos relacionados ao tema para todos os pré-socráticos e, ainda sim, para alguns deles os relatos existentes são tão escassos e obscuros que não permitem uma interpretação moderna satisfatória. Dada a complexidade e a diversidade das interpretações modernas existentes na literatura especializada, não é factível, para um texto introdutório, a descrição de todas as interpretações modernas, assim apresentaremos as ideias principais que, considerando o contexto histórico da época, nos parecem mais plausíveis.

Para aqueles que queiram se aprofundar nas visões de mundo dos primeiros filósofos sugerimos os livros: “Aristarchus of Samos: The Ancient Copernicus” de T. Heath (1913) [30]; “Early Greek Science: Thales to Aristotle” de G. E. R. Lloyd (1970) [31]; “Early Greek Astronomy to Aristotle” de D. R. Dicks (1970) [32]; “Cosmology in Antiquity” de M. R. Wright (1995) [33]; “Explaining the Cosmos: The Ionian Tradition of Scientific Philosophy” de D. W. Graham (2006) [34]; “Heaven and Earth in Ancient Greek Cosmology: From Thales to Heraclides Ponticus” de D. L. Couprie (2011) [35]; “When the Earth Was Flat: Studies in Ancient Greek and Chinese Cosmology” de D. L. Couprie (2018) [36].

3.2. Tales e Xenófanes

A tradição doxográfica credits a Tales de Mileto (624–546 a.C.) o título de “primeiro filósofo” do ocidente. Assim, começaremos nossa análise por ele. Qual seria a visão de mundo de Tales? Aristóteles (p. 135) nos diz: “Outros sustentam que [a Terra] repousa sobre a água. Trata-se da mais antiga explicação herdada por nós, e dizem ser de Tales de Mileto; seu entendimento é o de que a Terra mantém-se em repouso em razão de sua capacidade de flutuar como a madeira e outras coisas semelhantes (a constituição dessas coisas seria tal que embora nenhuma delas possa repousar sobre o ar, fazem-no sobre a água).” Vemos assim que a visão de mundo de Tales é basicamente a mesma das tradições arcaicas: uma Terra de base plana cercada por água. De acordo com o relato de Aristóteles, aparentemente, a flutuabilidade da Terra seria devido à sua própria natureza, não necessitando de “colunas” para mantê-la em repouso. Desta forma, Tales explicava os terremotos a partir do “balançar” da Terra sobre a água. A cúpula do céu, muito provavelmente, também fazia parte do mundo imaginado por Tales. Desse modo, fica claro que

o “primeiro filósofo” do ocidente é um representante da Visão Arcaica de Mundo.

O mais famoso e controverso relato sobre Tales está relacionado à predição de um eclipse solar, o qual teria ocorrido durante uma batalha entre os medos e os lídios [35]. Provavelmente, segundo os cálculos modernos, o eclipse solar em questão teria ocorrido em 28 de maio de 585 a.C., o qual foi total em boa parte da Lídia. Se entendermos a predição de um eclipse como nos dias atuais, onde conseguimos prever data, hora e local do eclipse, com certeza esse relato não passa de uma anedota. Mas, se entendermos essa predição em sentido mais amplo, como a possibilidade de um eclipse em um certo período de tempo, somada à sorte, pode ser que, talvez, o relato tenha algum fundo de historicidade [35, 37]. Curiosamente, dos relatos antigos sobre Tales que chegaram até nós consta a predição de apenas um eclipse solar e nenhum eclipse lunar.

Uma crítica natural à proposta de Tales está relacionada à observação direta de que uma porção de terra não flutua na água, logo como poderia a Terra como um todo flutuar na água. Provavelmente tendo em mente essa crítica alguns filósofos, como Xenófanes de Cólofon (570–470 a.C.), diziam que a Terra Plana seria apoiada sobre “raízes” de profundidade indeterminada. Aristóteles (p. 134) nos diz: “Na verdade, essa conjuntura levou alguns a asseverar, em relação à Terra, que ela se estende de maneira infinita no sentido descendente, (como nas palavras de Xenófanes de Cólofon, que é ‘infinita em suas raízes’).” O trecho entre parênteses é apontado por alguns especialistas como um possível acréscimo posterior. O termo “infinita” na citação de Aristóteles deve ser entendido como “tão grande que está além da compreensão humana”. A ideia das “raízes” para impedir o afundamento da Terra também está de acordo com a Visão Arcaica de Mundo.

3.3. Anaximandro

Anaximandro de Mileto (610 – 546 a.C.) foi contemporâneo mais novo e conterrâneo a Tales. Aristóteles (p. 139) nos diz: “Contudo, há alguns como, entre os antigos, Anaximandro, que apontam que seu repouso [da Terra] se deve à sua neutralidade. Não é apropriado àquilo que está situado no centro e que tem relações em igualdade com os extremos executar um movimento em uma única direção, quer para cima, quer para baixo, ou lateralmente; o resultado de sua impossibilidade de realizar movimentos ao mesmo tempo em direções contrárias é permanecer necessariamente em repouso.” Não tendo uma direção preferencial de translação, a Terra não terá motivo para se mover em uma direção e não em outra, assim, ela se manterá em repouso no centro, simplesmente por “simetria”. Até onde sabemos Anaximandro foi a primeira pessoa a retirar o “apoio material” da Terra [30–32, 35, 36]. Sua proposta trouxe um avanço significativo para a racionalização da natureza no mundo grego antigo. Em relação à proposta de



Figura 6: Reconstrução esquemática do Mapa-múndi de Anaximandro. O mapa seria centrado em Delfos e em torno da terra habitável haveria o rio Oceano. São indicados os rios Nilo (1), Eufrates (2), Tigre (3), Rioni (4), Danúbio (5) e Pó (6).

Anaximandro o filósofo da ciência Karl Popper se expressou: “Na minha opinião, essa ideia de Anaximandro é uma das mais ousadas, mais revolucionárias e mais portentosas ideias de toda a história do pensamento humano.” [38] (p. 4)

Alguns doxógrafos atribuem a Anaximandro a introdução do gnômon, ou relógio de Sol, na Grécia [30–32, 35, 36]. Ele também é apontado como tendo sido o primeiro grego a traçar um mapa do mundo inteiro. Seguindo Couprie [35], na Figura 6 apresentamos a reconstrução esquemática do mapa-múndi de Anaximandro. Provavelmente o centro do mundo no mapa de Anaximandro era a cidade de Delfos, onde ficava o famoso templo do deus Apolo, o mais importante templo do mundo grego. Assim como Tales, também Anaximandro supunha que a terra habitada era plana. Mas, dando um passo além, ele propõe que a Terra como um todo teria a forma cilíndrica, estando a terra habitada em uma das superfícies circulares do cilindro, a superfície “de cima”. Ele inclusive propõe que a profundidade da Terra (a altura do cilindro) seria um terço do diâmetro. Infelizmente, não sabemos o porquê desses valores. Existe pelo menos um relato de que Anaximandro teria predito um terremoto. Nesse caso parece não haver dúvida de se tratar de uma anedota.

Anaximandro também foi o primeiro, até onde sabemos, a imaginar os corpos celestes contornando por debaixo da Terra [30–32, 35, 36]. Para ele o Sol, a Lua e as estrelas seriam anéis, similares a “rodas de carruagem”, de fogo envoltos por espessa “névoa” (ou ar condensado), que girariam em torno da Terra. Como

as rodas imaginadas por Anaximandro seriam feitas do mesmo material que a atmosfera, elas seriam invisíveis. Assim, o que efetivamente veríamos dos corpos celestes seria apenas o fogo que sairia por aberturas circulares nos anéis, semelhantes a bocas que expiram fogo. As fases da Lua e os eclipses estariam associados ao abrir e fechar dos orifícios circulares. A forma dos astros em termos de anéis simétricos em relação ao centro da Terra provavelmente servia para explicar o porquê de os astros não caírem sobre a Terra. Os anéis das estrelas estariam mais próximos da Terra, depois viria o anel da Lua e, por fim, o anel do Sol. Os raios internos (ou diâmetros internos, dependendo da interpretação) dos anéis das estrelas, da Lua e do Sol seriam 9, 18 e 27 vezes o diâmetro da Terra, respectivamente. É provável que os números 9, 18 e 27 fossem interpretados de forma qualitativa, simplesmente como “muito longe”, “ainda mais longe” e “longíssimo” [36]. Mas, independente dos valores, ao associar diferentes distâncias aos astros, Anaximandro introduziu a ideia de profundidade para o céu. Assim, ele explicita a não existência de uma cúpula à qual os astros estariam ligados, todos à mesma distância da Terra. O Cosmos de Anaximandro não seria mais limitado por um firmamento. Anaximandro parece ter sido o primeiro a romper, ao menos em parte, com a Visão Arcaica de Mundo.

Seguindo Couprie [35, 36], na Figura 7 apresentamos a representação esquemática do Cosmos de Anaximandro. O movimento diário dos astros seria explicado pelo giro das respectivas rodas em torno da Terra. O movimento anual do Sol e o movimento mensal da Lua seriam explicados pelos movimentos dos centros das rodas entre os pontos A e B ao longo do eixo celeste, Figura 7. O número de anéis para as estrelas seria tão grande que, na prática, o conjunto dos anéis seria equivalente

a supor que as estrelas estivessem localizadas sobre uma casca esférica centrada na Terra. Na Figura 7 representamos o meio-dia do dia de solstício de verão, a roda do Sol em A e sua abertura no ponto mais alto da trajetória diária. É instrutivo destacar que na descrição dos corpos celestes Anaximandro não usou a ideia abstrata de círculo ou trajetória circular. Ele construiu uma imagem mais concreta, mais próxima do dia a dia de seu tempo, uma roda que gira como um todo, uma analogia de mundo muito mais “palpável” para os habitantes de Mileto do que a ideia abstrata de um círculo geométrico. Por fim, destacamos que o modelo exemplificado na Figura 7, é uma reconstrução moderna verossímil a partir das descrições doxográficas sobreviventes. Provavelmente Anaximandro não chegou a construir uma representação tridimensional de suas ideias.

Pelas contribuições acima, e por outras que não vêm ao caso aqui [27, 30, 33–35], na atualidade Anaximandro é apontado por alguns como um dos principais iniciadores do pensamento científico. Em especial, destacamos o físico teórico italiano Carlo Rovelli, que inclusive escreveu um livro de divulgação sobre Anaximandro [39].

3.4. Anaxímenes

Anaxímenes de Mileto (585–520 a.C.) foi contemporâneo mais novo e conterrâneo a Tales e a Anaximandro. Aristóteles (p. 136) nos diz: “Anaxímenes, Anaxágoras e Demócrito julgam que a causa de sua imobilidade [da Terra] é ser plana; ela não corta o ar abaixo dela, cobrindo-o, sim, como uma tampa, tal como parece que fazem todos os corpos planos; é de se notar que, por conta da resistência que opõem, não se deixam mover facilmente nem mesmo pelo vento. Dizem que a Terra, devido ao seu achatamento, tem um comportamento idêntico relativamente ao ar subjacente, o qual, não dispondo de espaço suficiente para se deslocar, é submetido à compressão, como água dentro dos relógios de água. E visando a demonstrar que o ar, uma vez interceptado e imobilizado, é capaz de suportar um grande peso, eles apresentaram muitas evidências.” Vemos assim que para os três pensadores citados a Terra teria a forma de um disco fino (plana, larga e pouco profunda) e estaria apoiada sobre um “colchão” de ar de profundidade indeterminada. Considerando que Anaxímenes floresceu décadas antes de Anaxágoras e Demócrito e que suas ideias foram consideravelmente difundidas na Antiguidade é natural que, nesse aspecto, os outros dois filósofos sejam considerados seguidores de Anaxímenes.

Para Anaxímenes os corpos celestes também teriam a forma de disco fino [27, 30, 33–35]. Eles seriam ígneos por natureza, sendo alimentados por vapores emanados pela Terra e pelos oceanos, rios e lagos. Anaxímenes provavelmente manteve o conceito arcaico de cúpula celeste, de forma que os corpos celestes seriam, de alguma forma, presos e/ou levados pelos ventos ao longo da cúpula do céu. As fases da Lua e os eclipses seriam

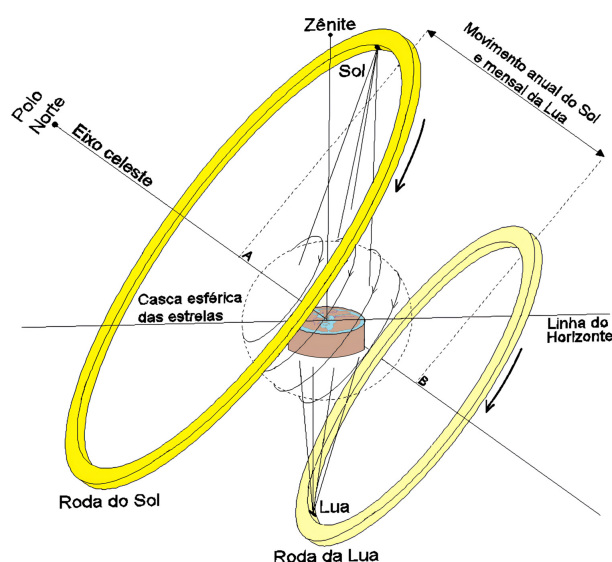


Figura 7: Representação esquemática tridimensional do sistema cosmológico de Anaximandro.

devidos às mudanças nas orientações dos discos ígneos. Os corpos celestes não passariam por debaixo da Terra. Após o ocaso eles circundariam a Terra de forma lateral. Depois do pôr do Sol não veríamos mais o Sol por ele estar atrás das mais altas e distantes montanhas. A esse respeito, convém destacar que comumente encontramos referências antigas de que o relevo da Terra seria mais elevado na periferia do que na região central [27, 30–33, 35, 36]. Vale lembrar que a explicação mitológica padrão na Grécia Antiga para o movimento noturno do Sol e demais corpos celestes era justamente o movimento lateral, levados pelas correntezas do Rio Oceano, o qual circundaria a Terra. Assim, a proposta de Anaxímenes faz eco à explicação mitológica padrão, trocando o Rio Oceano pelo ar infinito.

3.5. Empédocles

A última proposta de sustentação da Terra que descreveremos é a de Empédocles de Ácragas (492–432 a.C.). Aristóteles (p. 137) nos diz: “Outros, fazendo coro com Empédocles, sustentam que o que impede o movimento da Terra é a velocidade giratória elevadíssima do movimento celeste, tal como a água numa taça, sempre que lhe é transmitido um movimento circular [...] tem, por essa mesma razão, seu movimento natural, ou seja, o descendente, impedido.” O movimento giratório celeste daria origem a um vórtice cósmico. Como a Terra estaria no centro, o vórtice atuaria sobre a Terra de tal forma que ela permaneceria em repouso. Seria o vórtice cósmico quem impediria o deslocamento da Terra. Para Empédocles a distância da Terra à Lua seria metade da distância da Terra ao Sol [27, 30–32, 35, 36]. Nosso conhecimento sobre a visão de mundo de Empédocles é tão limitado e confuso que nem ao menos conseguimos entender se ele imaginava a Terra como sendo plana ou esférica.

3.6. Xenófanes e Heráclito

Os pré-socráticos Xenófanes e Heráclito de Éfeso (540–475 a.C.) diziam que o Sol seria renovado todos os dias [27, 30–32, 35, 36]. Assim, o Sol seria “aceso” pela manhã, faria seu trajeto diurno pela cúpula do céu e se “apagaria” ao término do dia. Também a Lua seria “acesa” a cada novo nascer e se “apagaria” ao se pôr. Assim como Anaxímenes, os dois também imaginavam que o Sol e a Lua seriam alimentados por “vapores ígneos” emanados pela Terra e pelos oceanos, rios e lagos. Para Xenófanes o Sol e a Lua seriam como nuvens compactas incandescentes. Os eclipses estariam associados ao esfriamento dos corpos por falta de “vapores ígneos”. Para Heráclito o Sol e a Lua seriam como taças com fogo dentro. Os eclipses e as fases da Lua estariam associados à mudança de orientação das taças, as “bocas” das taças podiam se virar parcial ou completamente em sentido contrário à Terra. Para ambos a Terra seria plana e limitada pela cúpula celeste.

Os dois filósofos também são representantes da Visão Arcaica de Mundo.

3.7. Anaxágoras

Como visto na subseção sobre Anaxímenes, também Anaxágoras de Clazômenas (500–428 a.C.) supunha que a Terra teria a forma de um disco fino (plana, larga e pouco profunda) e seria apoiada pelo ar de profundidade indeterminada. Assim como Anaximandro, ele concebia os corpos celestes passando por debaixo da Terra [30–32, 36]. No entanto, na concepção de Anaxágoras, os corpos celestes seriam como pedras imensas, as quais seriam compelidas em seus movimentos por um redemoinho cósmico. O Sol seria incandescente por natureza, ou seja, ele teria luz própria. Por outro lado, a Lua receberia sua luz a partir do Sol. Ambos, provavelmente, seriam disco planos como a Terra. Anaxágoras conjecturou que os tamanhos do Sol e da Lua seriam comparáveis ao tamanho do Peloponeso [36]. Para ele a ordem dos corpos celestes a partir da Terra seria Lua, Sol e estrelas.

Em 467 a.C. caiu um grande meteorito em Egos-pótamo, na Trácia. Alguns comentadores posteriores alegaram que o evento foi predito por Anaxágoras [27, 36]. Como no caso da predição do terremoto por Anaximandro e, muito provavelmente, do eclipse solar por Tales, parece não haver dúvida de que se trata de uma anedota. É provável que esse evento tenha sido associado ao nome de Anaxágoras por ele ter usado-o como “prova” de que os corpos celestes são como pedras.

Anaxágoras alegava que inicialmente o eixo de rotação do céu ficava na direção vertical [35, 36], ou seja, o Cosmos girava em torno do zênite, Figura 8A. No entanto, possivelmente para criar condições climáticas amenas para a vida, em algum momento, de uma forma não muito clara, o eixo foi inclinado e o céu passou a girar em torno de um determinado ponto do céu, Figura 8B. Claramente, para a Terra Plana, o fato de os corpos celestes girarem em torno de um determinado ponto do céu, e não em torno do zênite, parece algo não natural. Dessa forma, é de se esperar que os filósofos que imaginavam a Terra Plana tenham refletido sobre o assunto. Por outro lado, para a Terra Esférica, esse fato tem explicação trivial, como também tem explicação trivial o porquê de a altura, em relação ao horizonte, desse ponto (que hoje é chamado de Polo Norte Celeste) variar ao longo da direção Norte Sul, aumentando rumo ao Norte e diminuindo rumo ao Sul (para quem vive no Hemisfério Norte). Destacamos que essa variação não era facilmente observável no século V a.C., afinal era necessário longas viagens para haver diferença perceptível. Ainda sim, o modelo de Anaxágoras é capaz de explicar qualitativamente essa variação. Como vemos na Figura 8B, à medida que se caminha para o Norte a altura do Polo Norte Celeste aumenta, ao passo que ela diminui à medida que se caminha para o Sul. Para que esse comportamento ocorra é necessário que os corpos celestes na Terra Plana não estejam muito longe

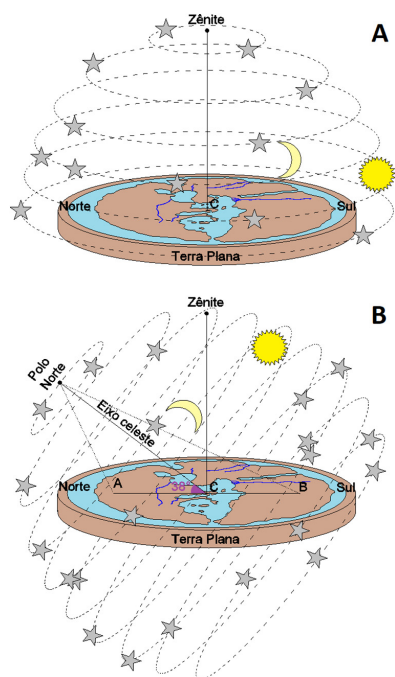


Figura 8: (A) Terra Plana com os corpos celestes girando em torno do zênite. (B) Terra Plana, após a inclinação do céu, com os corpos celestes girando em torno do Polo Norte Celeste.

da Terra. De fato, para a Visão Arcaica de Mundo o Universo seria “pequeno”, ou seja, as dimensões da Terra bem como as distâncias da Terra aos corpos celestes seriam muito menores do que realmente são.

Anaxágoras não foi o único pré-socrático a refletir sobre a inclinação do eixo celeste. Arquelaus de Atenas (477–428 a.C.) também considerou que inicialmente o eixo celeste seria na vertical, sendo então inclinado posteriormente [27, 35, 36]. Segundo ele, como a periferia da Terra seria mais elevada do que a região central, o Sol e a Lua circulariam a Terra por detrás dessa região, de forma que eles não iluminariam a região central. Assim, para que a luz desses astros chegasse à região habitada seria necessário inclinar o eixo celeste. Além de Anaxágoras e Arquelaus, também os pré-socráticos Leucipo de Mileto (477–428 a.C.), Demócrito e Diógenes de Apolônia (480–428 a.C.) falaram sobre a inclinação do eixo celeste no contexto da Terra Plana [27, 35, 36].

Para Anaxágoras, quando o Sol estivesse debaixo da Terra, algumas estrelas ficariam na região da sombra da Terra [36]. Como essas estrelas não seriam ofuscadas pela luz do Sol, elas teriam maior visibilidade do que as estrelas que estivessem fora da sombra. Nesse ponto Anaxágoras está explorando o senso comum de que o escuro ajuda a destacar a visibilidade de um ponto de luz fraco. A região da sombra, uma faixa no céu de cerca de 30° de largura, com as estrelas de maior visibilidade, é o que hoje conhecemos como Via Láctea. Dessa forma, Anaxágoras foi o primeiro a associar a Via Láctea com um acúmulo de estrelas brilhantes.

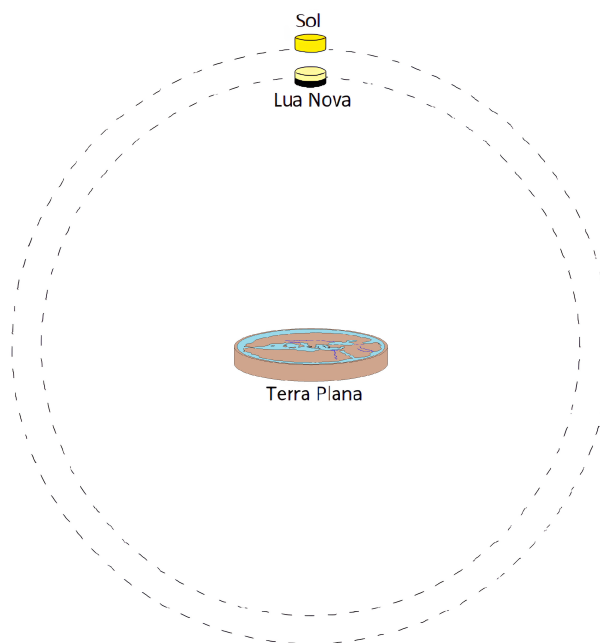


Figura 9: Explicação mais provável de Anaxágoras para as fases da Lua. O Sol “acenderia” a Lua pelo lado não visível a partir da Terra quando a distância entre os dois corpos fosse a menor possível, em Lua Nova.

A tradição doxográfica da Antiguidade aponta que Anaxágoras explicava os eclipses da Lua por duas maneiras distintas [36]: a Lua passando pela sombra da Terra ou algum objeto celeste invisível passando na frente da Lua. A primeira das explicações é incompatível com a explicação da origem da Via Láctea, afinal, se ambas as explicações estivessem corretas, deveria haver eclipse lunar sempre que a Lua entrasse na região da Via Láctea. No entanto, a simples observação mostra que não é o caso. É provável que a primeira explicação para os eclipses da Lua tenha sido associada a Anaxágoras de forma equivocada [36]. Por outro lado, a segunda explicação parece ser genuína, ela é melhor documentada e compatível com a visão de mundo de Anaxágoras. Assim, provavelmente, a explicação de Anaxágoras para os eclipses, tanto lunares quanto solares, seria a passagem de um corpo celeste invisível na frente da Lua ou do Sol [36].

Quanto às fases da Lua segundo Anaxágoras, seguindo Couprie [36], a explicação mais provável parece ser a de que a Lua seria “acesa” pelo lado não visível a partir da Terra quando ela estivesse em Lua Nova, ou seja, na posição mais próxima do Sol, Figura 9. Após “acesa” pelo lado “de trás”, a luz da Lua irradiaria para o lado da “frente” aos poucos, até o momento de Lua Cheia. Daí então ela iria se “apagando” paulatinamente. Ao chegar novamente próxima ao Sol, no ponto de Lua Nova, ela seria novamente “acesa” pelo lado de “trás”, iniciando o novo ciclo de fases da Lua. Desta forma, se essa proposta estiver correta, a ideia da Lua refletindo a luz solar não faria parte do imaginário de Anaxágoras.

3.8. Demócrito e os mundos inumeráveis

A visão de mundo do filósofo Demócrito de Abdera (460–370 a.C.) era similar à de Anaxágoras. Ele foi um dos últimos filósofos gregos de renome partidários da Terra Plana. Demócrito é o filósofo mais antigo do qual nos chegaram relatos explícitos sobre a possibilidade da existência de mundos além do mundo conhecido [27]. Para Demócrito (bem como para a maioria dos pré-socráticos) o mundo conhecido seria formado pela Terra Plana no centro rodeada por Lua, Sol e as estrelas. No entanto, os possíveis mundos além do mundo conhecido não precisariam ter necessariamente essa mesma estrutura, eles poderiam, por exemplo, ter ou não ter vida, ter ou não ter apenas um sol, ter ou não ter apenas uma lua, etc. Como tudo o que é visível pertenceria a esse mundo, a existência de mundos além do mundo conhecido seria algo não observável a partir da Terra, isto é, seria apenas uma conjectura.

Elucubrações sobre possíveis mundos além do mundo conhecido também são compatíveis com as descrições mitológicas arcaicas, a depender da imaginação e dos interesses dos mitólogos. Por exemplo, os antigos babilônicos conjecturaram a existência de ilhas lendárias além do oceano circular, ou seja, após a região habitada pelos seres humanos, Figura 3. Naturalmente, eles também poderiam ter conjecturado que após, talvez muito após, as ilhas lendárias haveria outro mundo. E após esse, haveria outro e assim sucessivamente. A ideia dos vários mundos é, em certo sentido, natural à criatividade humana. Sempre é possível se perguntar o que há além do além.

4. A Terra Esférica

4.1. Os pitagóricos

A tradição doxográfica majoritária da Antiguidade aponta que o pré-socrático Pitágoras de Samos (570–490 a.C.) foi o primeiro a ensinar que a Terra possui a forma esférica [26, 27, 30–32, 35]. No entanto, ao se falar em Pitágoras, é fundamental destacar que não é possível distinguir as contribuições do próprio Pitágoras das de seus seguidores, os chamados pitagóricos. Desta forma, é mais apropriado falar que provavelmente os pitagóricos tenham sido os primeiros a ensinar que a Terra possui a forma esférica. Ademais, para os pitagóricos os corpos celestes teriam natureza divina e o Universo seria finito e esférico.

Com base em que elementos os pitagóricos teriam chegado à conclusão de que a Terra possui a forma esférica? Resposta: não sabemos! Infelizmente não é possível a reconstrução histórica da passagem da Visão Arcaica de Mundo para a Visão Clássica de Mundo, o que chamamos de Primeira Revolução Científica. O que conseguimos fazer, no melhor dos casos, é descrever parcialmente as principais opiniões referentes ao tema. Por exemplo, para os pitagóricos a esfera seria a figura

sólida mais perfeita, logo, talvez, eles tenham imaginado que a Terra e os corpos celestes deveriam ter essa forma. O que podemos dizer com grande confiança é que a Primeira Revolução Científica ocorreu em torno do século V a.C. [30–32, 35, 36].

4.2. Parmênides

Alguns comentadores contemporâneos argumentam que, talvez, o primeiro a ensinar sobre a esfericidade da Terra e sobre a Lua recebendo sua luz a partir do Sol tenha sido o filósofo pré-socrático Parmênides de Eleia (515–445 a.C.) [34]. No entanto, como é provável que Parmênides tenha tido contato com os pitagóricos, talvez até sendo um ex-pitagórico, fica extremamente difícil discernir as contribuições de cada um. Nesse aspecto vale lembrar que o objetivo do presente trabalho é apresentar os principais elementos da Visão Arcaica de Mundo e da Visão Clássica de Mundo bem como pinceladas sobre a Primeira Revolução Científica. Tendo esse propósito em mente destacamos que questões particulares de prioridade não alteram o quadro geral. Além disso, o fato é que tais questões são muitas vezes impossíveis de serem respondidas de forma definitiva.

4.3. Filolau

O pré-socrático pitagórico Filolau de Crotona (470–400 a.C.), provavelmente o primeiro pitagórico a escrever um livro, desenvolveu um sistema cosmológico peculiar e revolucionário [27, 30, 32, 33]. O livro de Filolau, bem como todos os livros dos demais pré-socráticos, se perdeu ao longo da história. Assim, o pouco que sabemos sobre suas ideias vem de descrições em obras de autores posteriores. Para Filolau no centro do Universo não estaria a Terra, mas o Fogo Central (também chamado de Trono de Zeus), Figura 10. A Terra orbitaria ao redor do Fogo Central em um círculo perfeito, mantendo sempre a região habitada pelos gregos voltada para o exterior. Além da Terra haveria mais nove corpos celestes, todos orbitando em círculos perfeitos em torno do Trono de Zeus. As órbitas celestes não estariam necessariamente no mesmo plano. Segundo Filolau haveria um corpo celeste, denominado Antiterra, que orbitaria sempre entre a Terra e o Fogo Central. É possível que ela tenha sido conjectura para garantir que mesmo que um viajante vá até o outro lado da Terra ele não verá o Fogo Central, afinal ele estaria atrás da Antiterra, sendo esta supostamente invisível a partir da Terra. Assim, tanto o Fogo Central quanto a Antiterra seriam conjecturas não passíveis de observação empírica. A ordem, a partir do centro, dos corpos celestes seria: Antiterra, Terra, Lua, Sol, os cinco planetas (sem especificar a ordem deles) e a esfera das estrelas fixas, Figura 10. Com Filolau temos o mais antigo registro grego sobrevivente a fazer a distinção entre os cinco planetas visíveis a olho nu e as estrelas fixas. A Terra e a Antiterra demorariam um dia para dar uma volta em

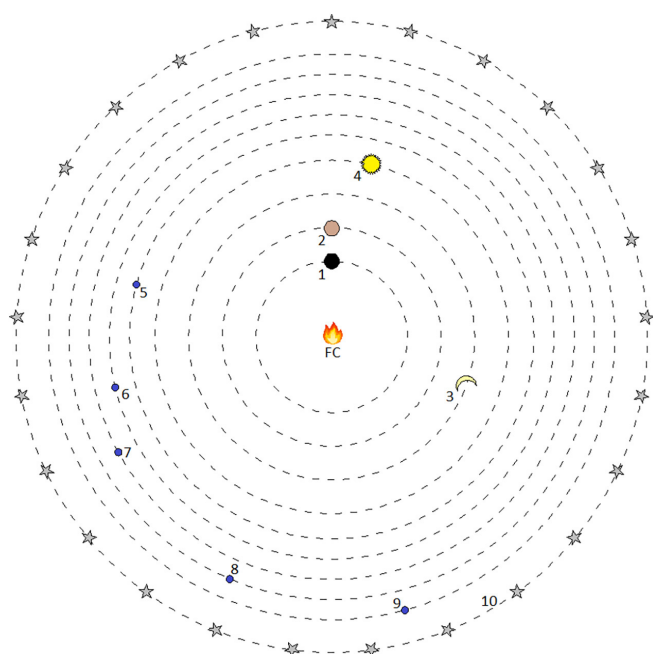


Figura 10: Representação esquemática bidimensional do sistema cosmológico de Filolau. No centro está o Fogo Central (FC). Os corpos celestes são: Antiterra (1), Terra (2), Lua (3), Sol (4), os cinco planetas (5-9) e a esfera das estrelas fixas (10). As órbitas celestes não estão necessariamente no mesmo plano.

torno do centro. Já o Sol e a Lua demorariam um ano e um mês, respectivamente. A Lua seria iluminada pelo Sol e seu ciclo de fases seria devido ao posicionamento relativo entre Terra, Sol e Lua.

Outra proposta associada aos pitagóricos, ou melhor, a alguns dos pitagóricos, diz respeito ao som que seria produzido pela revolução dos corpos celestes [27, 30, 32]. Nesse aspecto, vale lembrar que ao pegar uma pedra presa a um barbante e girar ela rapidamente produzimos um som. Similarmente, segundo eles, o movimento de cada corpo celeste produziria um som harmonioso de acordo com sua distância ao centro. Dessa forma o conjunto dos corpos celestes produziria uma harmonia musical, a famosa harmonia pitagórica das esferas. Para os pitagóricos as pessoas não percebem tal harmonia porque elas nascem e passam a vida ouvindo os sons celestes. Assim, como nunca experimentam o silêncio verdadeiro, não tomam consciência da existência da harmonia celeste. Provavelmente Filolau foi um dos partidários da proposta, talvez até o mentor.

4.4. Enópides

O pré-socrático geômetra e astrônomo Enópides de Quios (490 - 4?? a.C.) foi, possivelmente, um dos principais iniciadores da astronomia da Terra Esférica. As duas principais descobertas atribuídas a ele são: o grande ano e a obliquidade da eclíptica [30]. O grande ano é o menor intervalo de tempo que apresenta um número inteiro de anos solares e de meses lunares. Para

Enópides o grande ano teria a duração de 59 anos solares, compreendendo 730 meses lunares. Quanto à segunda descoberta, lembramos que a eclíptica é a linha imaginária que representa a trajetória anual do Sol em relação às estrelas fixas. Assim, se os relatos doxográficos a respeito de Enópides estiverem corretos, o que ele descobriu foi que a eclíptica é inclinada e que o Sol se move ao longo dela de Oeste para Leste em relação às estrelas fixas. Uma vez que o conceito de eclíptica está intimamente relacionado ao de esfera celeste e ao contexto da Terra Esférica é possível, talvez, que a descoberta de Enópides tenha se dado no âmbito do desenvolvimento inicial do conceito de esfera celeste. Dessa forma, a própria noção de eclíptica talvez tenha sido criada por Enópides.

Embora Enópides tenha nascido na ilha de Quios, ele provavelmente passou parte da vida adulta em Atenas. Nesse aspecto, destacamos que Anaxágoras, que era um pouco mais velho do que Enópides, embora tenha nascido em Clazômenas, também passou parte da vida adulta em Atenas, no caso dele sabemos que foram 30 anos. Anaxágoras, que era um defensor da Terra Plana, provavelmente teve embates com os partidários da Terra Esférica [40]. Embora não tenhamos relatos antigos, é sedutora a conjectura de que alguns dos principais embates da Primeira Revolução Científica tenham sido travados em Atenas, por volta de 450 a.C., por Enópides e Anaxágoras, ou por seus seguidores. Novamente, o fato é que não temos como reconstruir os detalhes da Primeira Revolução Científica.

4.5. Platão

A referência primária sobrevivente mais antiga quanto à forma esférica da Terra é encontrada no diálogo Fédon de Platão [41]. Nesse diálogo (p. 96-7) o personagem Sócrates diz: “Estou convencido de que, em primeiro lugar, se a Terra é esférica e está no centro do céu, prescinde do ar ou de qualquer outra força semelhante para impedir sua queda, bastando seu próprio equilíbrio e a natureza homogênea do céu em todos os lados para conservá-la no lugar; de fato, um corpo que se mantém em equilíbrio e se encontra situado no centro de alguma coisa homogênea não apresenta a tendência a alterar sua inclinação em qualquer direção, permanecendo sempre na mesma posição. Eis aí a primeira coisa de que estou persuadido.” Assim, vemos que Platão argumenta, fundamentalmente, da mesma forma que Anaximandro, mas acrescentando a novidade da esfericidade da Terra. Não tendo uma direção preferencial de translação, a Terra não terá motivo para se mover em uma direção e não em outra, assim ela se manterá em repouso no centro simplesmente por “simetria”. Convém salientar que Platão foi fortemente influenciado pelos pitagóricos e que o diálogo Fédon foi escrito nas primeiras décadas do século IV a.C.

4.6. Aristóteles

Todos os argumentos de Aristóteles que aparecem nesta subseção foram apresentados por ele no livro II de seu tratado “Do Céu” [29].

Com Aristóteles temos os dois argumentos empíricos sobreviventes mais antigos em prol da esfericidade da Terra. Segundo ele, a observação de que a linha que separa a parte clara da parte escura da Lua durante um eclipse lunar ser sempre curva é consequência da Terra e da Lua serem esféricas e da Lua refletir a luz do Sol. Na atualidade estamos tão acostumados com a explicação padrão dos eclipses que o argumento parece um tanto quanto óbvio. No entanto, do ponto de vista histórico, o argumento de Aristóteles não tem nada de óbvio. Ele basicamente está dizendo que os eclipses lunares corroboram duas premissas: a de que a Terra e a Lua são esféricas e a de que a Lua reflete a luz do Sol. Vale lembrar que para a maioria dos pré-socráticos ou a Lua teria luz própria por natureza ou ela seria de alguma forma “acesa” pelo Sol. Nos dois casos a ideia da Lua refletindo a luz do Sol simplesmente não existia. Mesmo assim os eclipses podiam ser explicados, por exemplo, pela existência de corpos invisíveis no céu.

O segundo argumento de Aristóteles diz respeito às mudanças de posição na altura dos corpos celestes ao se deslocar para o Norte ou para o Sul. Embora Aristóteles não tenha desenvolvido seu argumento com nenhum corpo celeste em específico, tomemos a título de exemplo a estrela Canopeia, a qual é a segunda estrela mais brilhante do céu noturno e a mais brilhante da constelação de Carina. Na ilha grega de Rodes, Canopeia é vista, no máximo, tangenciando o horizonte, Figura 11A. Já no norte do Egito ela pode apresentar altura máxima de alguns graus, Figura 11B. Na Terra Esférica essa diferença se dá pela curvatura da Terra, ou, em linguagem moderna, pela diferença de latitude. Novamente, também esse argumento não deve ser visto como trivial do ponto de vista histórico. Como vimos na seção anterior, ao se considerar que os corpos celestes estão próximos da Terra, essa diferença também pode ser qualitativamente explicada no contexto da Terra Plana, Figura 8B.

Ambos os argumentos empíricos de Aristóteles não “provam” que a Terra é esférica. O que eles indicam é que se partirmos da premissa de que a Terra é esférica, então os fenômenos podem ser explicados como descrito acima. Mas como vimos os fenômenos envolvidos também podem ser explicados no contexto da Terra Plana, a depender das premissas iniciais. Os defensores da Terra Plana não eram “ingênuos”, eles só estavam partindo de premissas diferentes, as quais, diga-se de passagem, são mais intuitivas para a percepção humana. Assim, destacamos que a Primeira Revolução Científica não foi uma passagem simples de um modelo qualquer para outro. A Primeira Revolução Científica foi, de fato, uma profunda mudança de paradigma relacionada a um processo crescente de abstração nunca antes ocorrido na humanidade.

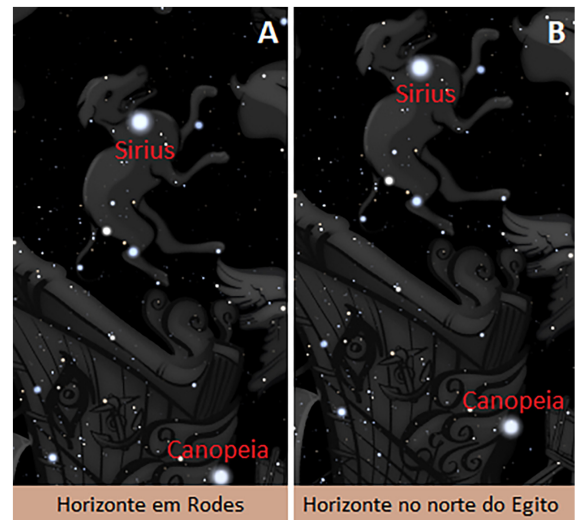


Figura 11: Representação esquemática das constelações Cão Maior (cuja estrela mais brilhante é Sirius) e Carina (cuja estrela mais brilhante é Canopeia) no instante de altura máxima em Rodes (A) e no norte do Egito (B). Figura construída com o software astronômico Stellarium [42].

Do ponto de vista da geografia da Terra Esférica, Aristóteles dividia a Terra em cinco zonas: duas zonas próximas aos polos (não habitáveis devido ao frio), duas zonas temperadas (habitáveis) e uma zona intertropical (não habitável devido ao calor) [43].

Aristóteles construiu um modelo físico e metafísico de mundo razoavelmente coerente. Para ele, tão importante quanto os argumentos empíricos são os argumentos metafísicos. Aristóteles dividia o Universo em duas regiões contíguas: o mundo sublunar e o mundo supralunar [29, 44, 45]. O mundo sublunar seria construído a partir de quatro elementos: terra, água, ar e fogo. A terra e a água (os elementos pesados, sendo a terra mais pesada do que a água) teriam movimentos naturais descendentes em linha reta rumo ao centro do Universo. Por outro lado, o ar e o fogo (os elementos leves, sendo o fogo mais leve do que o ar) teriam movimentos naturais ascendentes em linha reta contrário ao centro do Universo. O centro do Universo seria coincidente com o centro da Terra. Assim, a configuração final que manteria o elemento mais pesado mais próximos do centro da Terra seria uma distribuição esférica de terra em torno do centro, estando a água sobre a terra. Essa configuração também manteria o elemento mais leve (o fogo) mais longe do centro da Terra. Por fim, o ar estaria entre a água e o fogo. Essa seria a configuração “ideal” do mundo sublunar. Mas como o mundo sublunar está sujeito a mudanças, o resultado real será a existência de um relevo que, dentre outras coisas, poderá manter o elemento terra mais longe do centro do Universo do que o elemento água, por exemplo, criando uma montanha.

Já o mundo supralunar seria constituído de um quinto elemento [29, 46]. Esse elemento, que Aristóteles chamou de éter, seria divino e não estaria sujeito a

transformações. Tanto os corpos celestes quanto o meio entre eles seriam constituídos exclusivamente de éter. O quinto elemento não teria movimento natural nem descendente nem ascendente, ou seja, ele não seria nem pesado nem leve. O movimento natural do éter seria o circular. Dessa forma, Aristóteles resolveu de forma majestosa o problema da queda do céu, os corpos celestes jamais cairiam sobre a Terra simplesmente porque eles já estão em suas regiões naturais e executando seus movimentos naturais. Como o éter não seria sujeito a transformações o Cosmos seria eterno, tanto no passado quanto no futuro. Como o mundo supralunar giraria em torno do centro do Universo, necessariamente o Cosmos deveria ser finito. Além disso, dada a perfeição geométrica da esfera, todos os corpos celestes teriam que ser esféricos.

O modelo físico e metafísico de Aristóteles também explica o porquê de a Terra não precisar de apoio material para se manter em repouso. Como a Terra estaria no centro do Universo e o movimento natural dos elementos pesados seria rumo ao centro, a Terra não teria motivo para sair do centro. Destacamos que o argumento de Aristóteles é sutilmente diferente do que o de Anaximandro/Platão. Além disso, a Terra deveria estar necessariamente em repouso no centro. Aristóteles inclusive apresenta um argumento empírico para a imobilidade da Terra. Segundo ele, o fato de jogarmos um objeto para cima, na vertical, e ele voltar ao ponto em que foi jogado corrobora a ideia de que a Terra está parada. Afinal, se a Terra se movesse, enquanto o objeto estivesse subindo e descendo a Terra mudaria de posição e o objeto não mais voltaria ao ponto inicial.

4.7. A Visão Clássica de Mundo

No livro II do tratado “Do Céu” de Aristóteles [29] também temos a referência sobrevivente mais antiga quanto ao tamanho da Terra Esférica. Aristóteles (p. 147) nos diz: “Os matemáticos que tentaram estimar a extensão da circunferência [da Terra] de um extremo ao outro disseram ser de quarenta miríades de estádios.” Como uma miríade vale 10.000, a estimativa para a circunferência da Terra será de 400.000 estádios. Se usarmos o valor do estádio ateniense de cerca de 177 metros [43] teremos uma estimativa de 70.800 Km. Esse valor é próximo ao dobro do valor correto, que é cerca de 40.000 km. Destacamos que o valor do estádio, em metros, no mundo grego antigo é uma questão controversa de longa data [47]. Embora Aristóteles tenha passado a maior parte da vida adulta em Atenas, não sabemos quem são “os matemáticos” nem onde eles teriam realizado a estimativa. Assim, não temos certeza se o valor que deveria ser considerado na estimativa seria de fato o valor do estádio ateniense.

Temos pelo menos mais três estimativas famosas realizadas na Antiguidade para o perímetro da Terra. Em um tratado escrito na segunda metade do século III a.C. Arquimedes de Siracusa diz que: “alguns tentaram

[...] provar que o referido perímetro é de cerca de 300.000 estádios” [48]. Como no relato de Aristóteles, não sabemos como esses “alguns” realizaram a estimativa. No final do século III a.C. o polímata Eratóstenes de Cirene estimou a circunferência da Terra como sendo 252.000 estádios [49]. É importante salientar que, ao contrário do que sugere Carl Sagan no capítulo/episódio 1 do livro/série Cosmos [50, 51], a passagem do conceito de Terra Plana para o de Terra Esférica não se deu com Eratóstenes, ela ocorreu mais de um século antes. Por fim, no início do século I a.C., utilizando a diferença de altura máxima da estrela Canopeia em duas cidades, Figura 11, o filósofo estoico Possidônio de Apameia estimou a circunferência da Terra como sendo ou 180.000 ou 240.000 estádios, a depender da fonte analisada [49, 52]. Como não sabemos os valores (em metros) dos estágios utilizados nas estimativas acima evitaremos comparações.

De certa forma Aristóteles trouxe de volta a cúpula celeste das descrições arcaicas. A diferença, obviamente, é que a cúpula foi fechada em torno da Terra, formando a esfera etérea das estrelas fixa. Assim, o Cosmos de Aristóteles é esférico e espacialmente finito.

Com Aristóteles a Primeira Revolução Científica, ou seja, a mudança do paradigma da Terra Plana para o da Terra Esférica, já está concluída. Com ele consolida-se a Visão Clássica de Mundo dos antigos gregos: uma Terra Esférica e imóvel no centro do Cosmos com os corpos celestes girando em torno, Figura 12. Um Cosmos eterno,

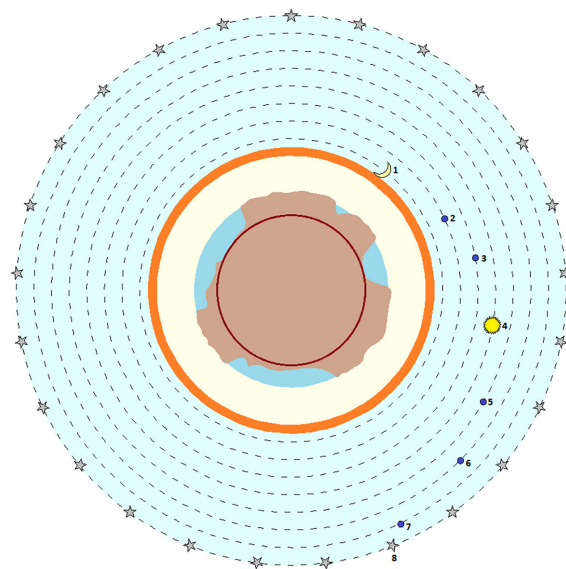


Figura 12: Visão Clássica de Mundo. Representação esquemática bidimensional do sistema cosmológico de Aristóteles. A região sublunar é constituída pelos 4 elementos: fogo (em vermelho), ar (em amarelo), água (em azul) e terra (em marrom). A região supralunar é constituída pelo quinto elemento, o éter (em azul claro). Os corpos celestes são: Lua (1), Mercúrio (2), Vênus (3), Sol (4), Marte (5), Júpiter (6), Saturno (7) e a esfera das estrelas fixas (8). As órbitas celestes não estão necessariamente no mesmo plano.

finito e divinamente ordenado. Essa visão genérica de mundo perdurou por cerca de dois mil anos.

5. Os Chineses e o Gai Tian

Embora no presente trabalho tenhamos nos concentrados nas principais visões de mundo para a tradição ocidental, é instrutivo ao menos uma rápida apresentação do modelo Gai Tian, o qual foi o mais elaborado e peculiar modelo cosmológico da antiga China [36]. Antes de mais nada, destacamos que os antigos chineses desenvolveram suas concepções de mundo de forma independente em relação aos gregos.

Os antigos filósofos chineses desenvolveram alguns modelos cosmológicos distintos, sendo os dois mais importantes o Hun Tian e o Gai Tian. Em ambos os modelos a Terra era imaginada como sendo plana (ou de base plana). Assim como os primeiros filósofos gregos os filósofos chineses que desenvolveram o modelo Hun Tian imaginaram o céu em forma de domo. Por outro lado, os filósofos chineses que desenvolveram o modelo Gai Tian imaginaram que o céu seria plano e paralelo à Terra. Assim, o trajeto do Sol e demais corpos celestes seria circular em torno do “polo”, ou seja, o eixo celeste seria perpendicular em relação à Terra e ao Céu. Como a visão humana é limitada, não veríamos mais os corpos celestes além de certa distância. Dessa forma, para os chineses do Gai Tian o nascer e o pôr do Sol e demais corpos celestes seria então uma ilusão óptica devido à distância dos corpos e à limitação da visão humana. Para explicar as estações do ano eles conjecturaram que o raio da órbita do Sol variaria ao longo do ano. Ademais, a luz do Sol não seria emitida em todas as direções, mas seria direcionada em grande medida para uma região circular abaixo do Sol. Na Figura 13 mostramos a representação esquemática do sistema cosmológico chinês Gai Tian. O modelo Gai Tian foi posto por escrito por volta do século I a.C., época na qual a Visão Clássica de Mundo já era aceita pelos principais estudiosos do mundo grego a pelo menos dois séculos.

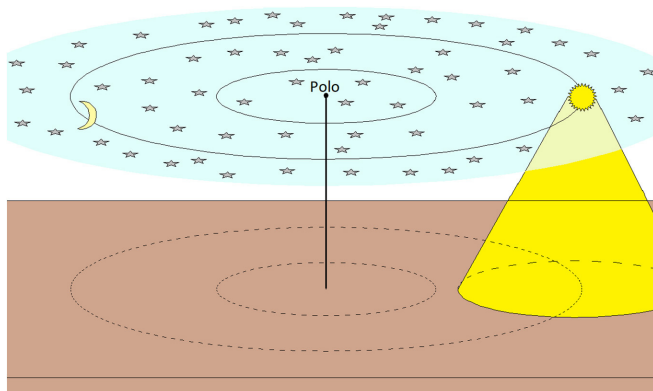


Figura 13: Representação esquemática tridimensional do sistema cosmológico chinês Gai Tian.

Convém destacar que, até onde sabemos, os gregos da Antiguidade Clássica foram os únicos a desenvolver a astronomia da Terra Esférica de forma independente. Os chineses só entraram na era da astronomia da Terra Esférica após o contato com as civilizações europeias, já na época do imperialismo europeu. Os demais povos aprenderam sobre a esfericidade da Terra direta, ou indiretamente, a partir dos antigos gregos, os quais foram os responsáveis pela Primeira Revolução Científica.

6. Apanhado Geral

Todas as civilizações antigas conhecidas (até em torno de 500 a.C.) concebiam a noção genérica de Terra Plana (ou Terra de Base Plana) com uma cobertura sólida e transparente para segurar o céu, Figura 5. Os corpos celestes estariam de alguma forma presos à cobertura para não cair, mas teriam liberdade de movimento lateral. Abaixo e ao redor da Terra e acima da cobertura haveria água. A essa noção genérica demos o nome de Visão Arcaica de Mundo. É importante destacar que essa concepção de mundo reflete o senso comum do homem arcaico.

Com o advento da filosofia na Grécia Antiga surgiram os primeiros esboços para descrever o mundo de forma racional. No contexto dos pré-socráticos nasceu o conceito de Cosmos, um mundo divina, bela e racionalmente ordenado e passível de ser entendido e/ou contemplado pelo intelecto humano.

Tales de Mileto, considerado pela tradição o “primeiro filósofo” do ocidente, era um típico representante da Visão Arcaica de Mundo. Para ele a Terra flutuaria sobre a água como um imenso barco. No entanto, uma vez que a observação direta mostra que uma porção de terra afunda na água, como a Terra poderia então flutuar na água? Provavelmente tendo em mente esse questionamento Xenófanes de Cólofon conjecturou que a Terra seria apoiada por “raízes” de profundidade indeterminada, tão profundas que estariam além da compreensão humana.

Para Anaximandro de Mileto a Terra não precisaria de “apoio material” para se manter em repouso porque ela não teria uma direção preferencial de translação, ou seja, ela se manteria em repouso no centro por “simetria”. Até onde sabemos, ele foi a primeira pessoa a retirar o “apoio material” da Terra. Ele também foi o primeiro, até onde sabemos, a propor que os corpos celestes contornariam por debaixo da Terra. Anaximandro conjecturou que a Terra teria a forma de um cilindro, estando a terra habitada em uma das superfícies circulares do cilindro, a superfície “de cima”. Para ele os corpos celestes estariam a diferentes distâncias da Terra. Anaximandro parece ter sido o primeiro a romper, ao menos em parte, com a Visão Arcaica de Mundo.

Os pré-socráticos Anaxímenes de Mileto, Anaxágoras de Clazômenas e Demócrito de Abdera, todos posteriores a Anaximandro, mantiveram o “apoio material”

para manter a Terra em repouso. Segundo eles a Terra teria a forma de um disco fino (plana, larga e pouco profunda) e estaria apoiada sobre um “colchão” de ar de profundidade indeterminada. Já Empédocles de Ácragas dizia que a Terra se manteria em repouso no centro devido à atuação do vórtice cósmico. Assim, as principais tentativas de explicar o repouso da Terra Plana foram: a Terra Plana repousa na água (Tales), sobre “raízes” (Xenófanes), no vazio devido à simetria (Anaximandro), no ar (Anaxímenes, Anaxágoras e Demócrito) ou no centro do vórtice do cósmico (Empédocles).

Os pitagóricos, provavelmente, foram os primeiros a ensinar sobre a esfericidade da Terra. Infelizmente não sabemos como eles teriam chegado a tal conclusão. O pitagórico Filolau de Crotona desenvolveu um modelo cosmológico onde a Terra e os corpos celestes orbitariam ao redor do dito Fogo Central em círculos perfeitos, Figura 10.

A referência primária sobrevivente mais antiga quanto à forma esférica da Terra é encontrada no diálogo Fédon de Platão, o qual foi escrito no início do século IV a.C. No entanto, foi Aristóteles, o principal discípulo de Platão, quem sistematizou a astronomia da Terra Esférica. Para ele o Universo se dividia em duas regiões contíguas: o mundo sublunar e o mundo supralunar. O mundo sublunar seria construído a partir de quatro elementos: terra, água, ar e fogo. Já o mundo supralunar seria constituído por um quinto elemento: o éter. Com Aristóteles consolidou-se a chamada Visão Clássica de Mundo: uma Terra Esférica e imóvel no centro do Cosmos com os corpos celestes girando ao seu redor, Figura 12. Um Cosmos eterno, finito e divinamente ordenado.

Infelizmente não é possível a reconstrução histórica da passagem da Visão Arcaica de Mundo para a Visão Clássica de Mundo, o que denominamos de Primeira Revolução Científica. Embora seja sedutora a conjectura de que alguns dos principais embates da Primeira Revolução Científica tenham sido travados em Atenas por volta de 450 a.C. por Enópides e Anaxágoras, ou por seus seguidores, o fato é que nunca saberemos os detalhes do desenrolar da Primeira Revolução Científica. O que podemos dizer com grande confiança é que ela ocorreu em torno do século V a.C.

Enfatizamos que, até onde sabemos, os gregos da Antiguidade Clássica foram os únicos a desenvolver a astronomia da Terra esférica de forma independente, foram eles quem conduziram a Primeira Revolução Científica. Os demais povos aprenderam sobre a esfericidade da Terra direta, ou indiretamente, com eles. Por exemplo, os chineses só entraram na era da astronomia da Terra Esférica após o contato com as civilizações europeias, já na época do imperialismo europeu.

Acreditamos que a conscientização em relação à jornada humana da Primeira Revolução Científica seja de vital importância para o Ensino das Ciências. Do ponto de vista do ensino, não podemos esquecer que a noção de Terra Plana está intimamente relacionada

às interpretações simplistas para a observação direta. A percepção de que, na verdade, a Terra é esférica não é natural, no sentido de ser apoiada pelos sentidos humanos. Por isso, devemos ter em mente que a Primeira Revolução Científica não foi uma passagem simples de um modelo qualquer para outro. A Primeira Revolução Científica foi, de fato, uma profunda mudança de paradigma relacionada a um processo crescente de abstração nunca antes ocorrido na humanidade. Os professores de Física, Astronomia e Ciências afins devem ter isso em mente ao abordarem a temática.

Se hoje não vemos mais a cúpula celeste ao olhar para o céu é porque vivemos em uma sociedade que, ao menos nesse aspecto, conseguiu democratizar o conhecimento científico. Hoje a Terra Esférica faz parte do “senso comum científico” do homem contemporâneo.

Data Availability

Por ser um trabalho de caráter historiográfico, não há dados experimentais associados a este artigo. Todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo foi publicado no próprio artigo.

Referências

- [1] A. Koyré, *Do Mundo Fechado ao Universo Infinito* (Forense Universitária, Rio de Janeiro, 2006), 4 ed.
- [2] I.B. Cohen, *O Nascimento de uma Nova Física* (Gradiva, Lisboa, 1988).
- [3] A.S.T. Pires, *Evolução das ideias da Física* (Editora Livraria da Física, São Paulo, 2008).
- [4] A. Máximo e B. Alvarenga, *Física: Contexto e aplicações* (Scipione, São Paulo, 2011), v. 1.
- [5] N.G. Ferraro, C.M.A. Torres e P.C.M. Penteado, *Física, volume único* (Moderna, São Paulo, 2012).
- [6] F. Ramalho Júnior, N.G. Ferraro e P.A.T. Soares, *Os fundamentos da física, volume único* (Moderna, São Paulo, 2007), 9 ed.
- [7] GRUPO SEB, disponível em: <https://seb.com.br>, acessado em: 08/07/2025.
- [8] SAS Educação, disponível em: <https://saseducacao.com.br>, acessado em: 08/07/2025.
- [9] H.M. Nussenzveig, *Curso de Física Básica, Mecânica* (Blücher, São Paulo, 2002), v. 1, 4 ed.
- [10] H.D. Young e R.A. Freedman, *Física: Termodinâmica e Ondas* (Pearson, São Paulo, 2016), v.2, 14 ed.
- [11] R. Resnick, D. Halliday e K.S. Krane, *Física* (LTC, Rio de Janeiro, 2007), v. 2, 5 ed.
- [12] K.S.O. Filho e M.F.O. Saraiva, *Astronomia e Astrofísica* (Editora da UFRGS, Porto Alegre, 2000), 1 ed.
- [13] F. Marineli, Cad. Bras. Ens. Fis., **37**, 1173 (2020).
- [14] A. Albuquerque e R. Quinan, Revista Mídia e Cotidiano, **13**, 83 (2019).
- [15] FOLHA DE SÃO PAULO, *7% dos brasileiros afirmam que Terra é plana, mostra pesquisa*, disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2019/07/7-dos-brasileiros-afirmam-que-terra-e-plana-mostra-pesquisa.shtml>, acessado em: 08/07/2025.

- [16] N. Pasternak e C. Orsi, *Que bobagem!: pseudociências e outros absurdos que não merecem ser levados a sério* (Contexto, São Paulo, 2023).
- [17] MUSEU BRITÂNICO, *Papiro Greenfield*, disponível em: https://www.britishmuseum.org/collection/object/Y_EA10554-87, acessado em: 08/07/2025.
- [18] MUSEU BRITÂNICO, Mapa Babilônico, disponível em: https://www.britishmuseum.org/collection/object/W_1882-0714-509, acessado em: 08/07/2025.
- [19] J.L. Brandão, *Ele que o Abismo Viu: Epopeia de Gilgámesh* (Autêntica, Belo Horizonte, 2019).
- [20] I.A. Marques, *O Livro do Gênesis Fracionado* (Kotter Editorial, Curitiba, 2022).
- [21] Bíblia de Jerusalém (Paulus, São Paulo, 2002).
- [22] Homero, *Ilíada* (Companhia das Letras, São Paulo, 2013).
- [23] Royal Collection Trust, *Escudo de Aquilões*, disponível: <https://www.rct.uk/collection/51266/shield-of-achilles>, acessado em: 08/07/2025.
- [24] Hesíodo, *Teogonia e Trabalhos e Dias* (Martin Claret, São Paulo, 2014), 2 ed.
- [25] Homero, *Odisseia* (Companhia das Letras, São Paulo, 2011).
- [26] I.A. Marques, *Os Pré-Socráticos e o Nascimento da Filosofia da Natureza* (Editora Livraria da Física, São Paulo, 2024).
- [27] G.S. Kirk, J.E. Raven e M.Schofield, *Os Filósofos Pré-socráticos: História Crítica com Seleção de Textos* (Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2010), 7 ed.
- [28] A.A. Long, *Primórdios da Filosofia Grega* (Aparecida, Ideias e Letras, 2008).
- [29] Aristóteles, *Do Céu* (Edipro, São Paulo, 2014).
- [30] T. Heath, *Aristarchus of Samos: The Ancient Copernicus* (Oxford at the Clarendon Press, Oxford, 1913).
- [31] G.E.R. Lloyd, *Early Greek Science: Thales to Aristotle* (Chatto e Windus Ltd, London, 1970).
- [32] D.R. Dicks, *Early Greek Astronomy to Aristotle* (Cornell University Press, Ithaca, 1970).
- [33] M.R. Wright, *Cosmology in Antiquity* (Routledge, Nova York, 1995).
- [34] D.W. Graham, *Explaining the Cosmos: The Ionian Tradition of Scientific Philosophy* (Princeton University Press, Princeton, 2006).
- [35] D.L. Couprie, *Heaven and Earth in Ancient Greek Cosmology: From Thales to Heraclides Ponticus* (Springer, New York, 2011).
- [36] D.L. Couprie, *When the Earth Was Flat: Studies in Ancient Greek and Chinese Cosmology* (Springer, New York, 2018).
- [37] D. Panchenko, *Journal for the History of Astronomy* **25**, 275 (1994).
- [38] K. Popper, *O Mundo de Parmênides: Ensaio Sobre o Iluminismo Pré-socrático* (Editora Unesp, São Paulo, 2019), 2 ed.
- [39] C. Rovelli, *Anaximandro de Mileto: O Nascimento do Pensamento Científico* (Edições Loyola, São Paulo, 2013).
- [40] D. Panchenko, *Hyperboreus* **3**, 175 (1997).
- [41] Platão, *Fédon (ou Da Alma)* (Edipro, São Paulo, 2012).
- [42] Software astronômico Stellarium, disponível em: <https://stellarium.org>, acessado em 08/07/2025.
- [43] Aristóteles, *Meteorológicos* (Imprensa Nacional, Lisboa, 2017).
- [44] P.K. Machamer, *Isis* **69**, 377 (1978).
- [45] L.O.Q. Peduzzi, *Cad. Cat. Ens. Fís.* **13**, 48 (1996).
- [46] A. Campos e E.C. Ricardo, *Rev. Bras. Ens. Fís.* **36**, 4601-6 (2014).
- [47] A. Diller, *Isis* **40**, 6 (1949).
- [48] D.M. Cataneo e I.A. Marques, *Sitientibus Série Ciências Físicas* **18**, scf20221813 (2022).
- [49] T.M. Gomes e I.A. Marques, *Rev. Bras. Ens. Fís.* **45**, e20220307 (2023).
- [50] C. Sagan, *Cosmos* (Francisco Alves, Rio de Janeiro, 1985).
- [51] I.A. Marques, *Sitientibus Série Ciências Físicas* **20**, scf20242002 (2024).
- [52] I. Fischer, *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* **16**, 152 (1975).