



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

Filosoficamente, por que a terra não é plana?

Philosophically, why is the earth not flat?

Filozofio, kial la tero ne platas?

George André Pacheco Casanova⁴¹Frederico Fonseca da Silva⁴²

Resumo

O presente trabalho apresenta duas seções: a primeira sobre a evolução histórica dos conceitos filosóficos, teológicos e das ciências da natureza sobre o universo que implicaram em consequências sobre as visões da geometria da Terra; na segunda seção demonstra-se tecnicamente como que os argumentos são irrefutáveis a favor daqueles que defenderam a forma esférica para o planeta. Dito isso, ver-se-á na primeira parte as explicações dadas pelos antigos pensadores, desde a época dos filósofos gregos até o período da revolução científica do século XVII, atingindo seu apogeu em Isaac Newton. O estudo da Terra e sua forma está intrinsecamente associado ao estudo do Céu e aqui entende-se Céu como toda a abóboda celeste, onde se alojam as galáxias, estrelas e outros planetas. Um dos motivos dessa associação foi, por exemplo, a explicação de Aristóteles para a sombra que a Terra projetava na Lua quando se colocava entre o satélite e o Sol. Como tinha a forma circular, a Terra deveria ser esférica. Entretanto, por mais que tenha sido considerado um excelente argumento na época, não foi o bastante para impedir de se envolver a forma da Terra em mitologia no período conhecido como período medieval. Somente no início da Era Moderna, novos estudos e instrumentos de navegação trouxeram outros paradigmas para o formato da Terra, muito pela necessidade cartográfica e dominação de novos territórios. Newton, apoiado na nova escola que surgia, aprimorou e criou os métodos matemáticos necessários para a filosofia natural, com os quais se demonstra que a Terra deve ter formato esférico. Na segunda seção, todos os argumentos que foram usados para o fato de se aceitar a Terra esférica são demonstrados. A medida da circunferência de um meridiano terrestre feita por Eratóstenes no século III a.C., o deslocamento das constelações apresentado por Aristóteles, o princípio da Inércia esboçado por Galileu são alguns dos fatores que, isoladamente ou contribuintes de outras teorias, conceberam cientificamente a Terra como uma esfera ao redor do Sol.

Palavras-chave: Geociência. Astronomia. Esfera.

⁴¹ Professor e Pesquisador da Secretaria de Educação do Estado de Goiás (SEDUC-GO). E-mail: professor.casanova.fisica@gmail.com. ORCID 0000-0003-4580-1891.

⁴² Professor e Pesquisador do IFPR - Instituto Federal do Paraná. Doutor em Irrigação e Meio Ambiente. E-mail: frederico.silva@ifpr.edu.br. ORCID 0000-0003-2817-6983.



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

Abstract

This paper is divided in two sections: the first about the historical evolution of philosophical, theological and natural sciences concepts about the universe, which had implications on the visions of Earth's geometry; in the second section it is technically demonstrated how irrefutable are the arguments in favor of those which defended the spherical shape to the planet. After say that, one shall see in first part the explications offered by the ancient philosophers, since the Greeks until the scientific revolution period in XVII century, with the peak in Isaac Newton. The study of the shape of the Earth is tangled with the study of the Sky and here one must understand Sky as the whole space with galaxies, stars and planets. One of the reasons to this association was, for example, the Aristotle's argument to the shadow that Earth projects on the Moon when it was between the satellite and the Sun. As it had a circular shape, then the Earth should be spherical. However, although this argument was considered an excellent one at this time, was not enough to stop in involve the Earth's shape in mythology in the Dark Ages period. Only on the beginning of Modern Age, new studies and navigation instruments brought other paradigms to Earth's shape, much because cartographic need and territories domination. Newton, supported by the new school was emerging, improved and created the mathematical methods necessary for natural philosophy with which it is demonstrated that Earth must be spherical. In the second section, all the arguments that were used to accept a spherical Earth are demonstrated. The measurement of a meridian made by Eratosthenes in the 3rd Century BC, the displacement of constellations presented by Aristotle, the principle of Inertia sketched by Galileo are some of the factors that, separately or contributing to other theories, conceived scientifically the Earth as a sphere around the Sun.

Keywords: Geoscience. Astronomy. Sphere.

Resumo

Nuna laboro havas du sekciojn: la unua pri la historia evoluo de la filozofiaj, teologiaj kaj natursciencaj konceptoj pri la universo, kiuj implici konsekvencojn pri vidpunktojn de la geometrio de la Tero; en la dua sekcio montriĝas teknike, ke la argumentoj estas nerefuteblaj favore al tiuj, kiuj defendis la sferan formon por la planedo. Dirite, la klarigoj donitaj de la antikvaj pensuloj estos vidataj en la unua parto, de la tempo de la grekaj filozofoj ĝis la periodo de la scienca revolucio de la XVII-a jarcento, kiu atingis sian glortempon en Isaac Newton. La studo de la Tero kaj ĝia formo estas interne asociita kun la studo de Ĉielo kaj ĉi tie Ĉielo estas komprenata kiel la tuta ĉiela volbo, kie troviĝas galaksioj, steloj kaj aliaj planedoj. Unu el la kialoj de ĉi tiu asocio estis, ekzemple, la klarigo de Aristotelo pri la ombro, kiun la Tero ĵetis sur Luno, kiam ĝi estis metita inter la satelito kaj la Suno. Ĉar ĝi havis cirklan formon, la Tero devus esti sfera. Tamen, kvankam ĝi estis konsiderata bonega argumento tiutempe, ĝi ne sufiĉis por malebligi, ke la formo de la Tero partoprenu en mitologio en la periodo konata kiel mezepoka periodo. Nure komenco de la Moderna Aĝo, novaj studoj kaj navigaj instrumentoj alportis aliajn paradigmojn al la formo de la Tero, multe pro la kartografia bezono kaj la regado de novaj teritorioj. Newton, subtenata de la nova skolo, aperanta,



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

plibonigis kaj kreis la matematikajn metodojn necesajn por natura filozofio, per kiu montriĝas, ke la Tero devas havi sferan formon. En la dua sekcio, ĉiuj argumentoj uzataj por akcepti la sferan Teron estas montritaj. La mezurado de la cirkonferenco de tera meridiano farita de Eratosteno en la III-a jarcento a. K., la delokiĝo de la konstelacioj prezentitaj de Aristotelo, la principo de Inercio skizita de Galileo estas iuj el la faktoroj, kiuj aparte aŭ kontribuante al aliaj teorioj, science konceptis la Teron kiel sfero ĉirkaŭ la suno.

Ŝlosilvortoj: Geoscienco. Astronomio. Sfero.

INTRODUÇÃO

O estudo da Terra e da sua forma, provavelmente, deve começar com a noção do estudo sobre o Céu. Os antigos se assombravam com a vastidão celeste e esse assombro motivava tanto filósofos, quanto homens pragmáticos; aqueles para conhecer e meditar, estes para medir estações, colheitas e calcular o tempo de acordo com a necessidade. Os movimentos celestes careciam de explicação, de qualquer forma e a identificação do que é cada corpo na imensidão foi de suma importância para tal estudo.

À medida que os antigos explicavam e se adaptavam ao movimento da Lua, por exemplo, novas observações surgiam e novos desafios, como é o caso do movimento retrógrado de alguns planetas (SARAIVA *et al.*, 2020, p.20). Essas complicações foram abafando explicações medianas e dando forma à Terra.

Contudo, ao pensar que os Sumérios explicavam as transições dia-noite como “estrelas e planetas [que]nadavam de volta do oeste para o leste todos os dias, através de um rio subterrâneo sob uma Terra chata”, levanta-se aqui um grande problema: esse modelo “é totalmente inútil quando se tratava de determinar quando Marte entraria num movimento retrógrado, ou a Lua ocultaria Júpiter” (FERRIS, 1990, p. 6).

Na época de Platão, um outro geômetra experimental, se assim se pode dizer, surgiu no cenário das explicações dos sistemas estelares e planetários. Esse filósofo, chamado Eudóxio, discípulo de Platão, se diferenciava deste não por conter mais genialidade ou por explicar melhor que o famoso criador da Academia os movimentos acima das nuvens, mas por trazer um caráter observacional mais crítico do que o discípulo de Sócrates, pois, “ao contrário de Platão, combinava os seus raciocínios matemáticos abstratos com uma paixão pelos fatos físicos”. “Como interessava-se mais



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

pela perfeição do que pela imperfeição, Platão escreveu encômios às estrelas, mas raramente saiu à noite para estudá-las” (FERRIS, 1990, p.8).

O filósofo experimental amadureceu quando gastou tempo na observação e criou um modelo genérico que procurava harmonizar seus dados com a mística filosófica.

Eudóxio não só realizou pesquisas em geometria, como a aplicou às estrelas, construindo um observatório astronômico às margens do Nilo, e ali [mapeava] o céu. O observatório, embora primitivo, evidenciava sua convicção de que uma teoria do universo devia atender às exigências não só da contemplação intemporal, mas também da explicação do incessante movimento do céu (BONGIOVANNI, 2005, p.12).

Tanto assim que Eudóxio propôs um modelo para o universo que era composto de esferas concêntricas que cercavam a Terra, também **esférica**.

Nesta época, por volta do século III a.C., todos os gregos com instrução e possibilidade de adquirir o conhecimento já admitiam ser esférica a Terra. “A ideia de que a Terra tem a forma esférica já era corrente nessa época: Aristóteles havia citado como argumento a sombra circular projetada pela Terra sobre a Lua sempre que se interpõe entre o Sol e a Lua” (NUSSENZVEIG, 2002, p. 9). Percebe-se, então, uma preocupação em melhorar as explicações dadas pelos mitos primitivos baseada em evidências.

Dessa fonte mais empírica bebeu Aristóteles (384-322 a.C.). Preocupado com todos os aspectos da vida, sejam naturais, sejam metafísicos, Aristóteles expandiu a atitude de Eudóxio e aprofundou o modelo das esferas para o Universo (VELÁSQUEZ-TORIBIO; OLIVEIRA, 2018, p. 34). Criador do Liceu - por motivos políticos foi preterido na Academia de Platão - Aristóteles armou tão bem a argumentação da sua explicação, que ainda que contivesse erros, seus modelos persistiram durante séculos. Por mais que essa atitude estática da ciência seja a contramão do que se espera, não se pode esquecer que homens se acomodam e suas criações caminham com eles; assim também foi com a filosofia natural.

Quando chegou sua vez de manifestar-se sobre a estrutura do universo, Aristóteles baseou seu modelo nas esferas de Eudóxio [...]. Aristóteles [produziu] um modelo que se inclui entre as mais excitantes das muitas



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

cosmogonias errôneas da história. [Pois] iria seduzir, e induzir ao erro, o mundo durante vários séculos (FERRIS, 1990, p.10).

Aristóteles não construiu a estagnação sozinho; é muito mais fácil ajustar erros do que reformular todo o sistema teórico estabelecido e foi isso que Cláudio Ptolomeu fez no século II: acertou os modelos aristotélicos que não condiziam com a observação, criando a ideia de epiciclos - ciclos dentro de ciclos (BARROS-PEREIRA, 2011, p. 15) e de excêntricos no modelo do Mestre do Liceu, além de acrescentar movimento às próprias esferas que montavam a estrutura do universo. “Os excêntricos melhoraram a adequação entre a página escrita e o céu noturno” (FERRIS, 1990, p.10).

Antes do Céu estar mais explicado, no século III a.C., Eratóstenes (276-194 a.C.) mediu com precisão - se comparada com os valores atuais considerados - a circunferência da Terra (CALAFATE, 2019, p. 17), *i.e.*, deu provas de uma Terra de formato esférico.

Na época, “o centro mundial da vida intelectual já se tinha deslocado de Atenas para Alexandria” (FERRIS, 1990, p.20), tornando o “Egito ptolomaico” (RIVAL, 1997, p.9), sendo a cidade detentora de uma enorme biblioteca e um museu onde os cientistas e estudiosos podiam fazer seus estudos, com salários pagos pelo estado (FERRIS, 1990, p.20).

Para os antigos egípcios, anteriormente a serem “gregos”, por causa do Nilo plano, “a Terra tinha uma forma alongada e plana, pois era o espelho perfeito daquele país, também longo e estreito” (RIVAL, 1997, p.9). Depois, Tales de Mileto (624-546 a.C.) explicava que a Terra era um disco e se mantinha sobre a água, sobre a qual flutuava como um navio. Anaximandro afirmava que a Terra era cilíndrica e só a sua parte superior era habitada - o que lhe conferia a forma de um disco plano. Anaxímenes imaginava um formato semelhante a uma mesa (RIVAL, 1997, p.9) para o planeta de nossa habitação.

É evidente que as escolhas não eram apenas arbítrios de devaneios; cada forma sustentava uma consequência do que o filósofo tinha como premissa para todas as coisas e toda sua filosofia. Para citar o exemplo de Pitágoras, um dos que sugeriram a esfericidade, uma forma esférica teria sido escolhida para a Terra porque a esfera é a



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

mais bela de todas as figuras sólidas (CARON, 2016, p. 56). “Outras fontes, [...], indicam que essa forma teria sido descoberta em consequência de observações dos fenômenos celestes” (RIVAL, 1997, p.10).

Então a esfera aparece na História como forma da Terra com Pitágoras, alegando a perfeição desta geometria e influenciando Aristóteles, o qual perdurou suas explicações por muito tempo e esses argumentos tiveram influência, ainda que indireta, no método de Eratóstenes. Enquanto Aristóteles percebeu que um viajante que se deslocasse do norte para o sul veria certas constelações abaixarem-se e desaparecerem, enquanto outras surgiam e se elevavam à sua frente (CAMPOS, 2008, p.18),

o método de Eratóstenes está [baseado no fato que] no dia do solstício de verão, na cidade de Siene (atual Aswan), ao meio dia, os raios solares eram exatamente verticais, [...] [enquanto] no mesmo dia [...], em Alexandria, que fica ao norte de Siene sobre o mesmo meridiano, os raios solares faziam um ângulo de aproximadamente $7,2^\circ$ com a vertical (NUSSENZVEIG, 2002, p.10).

Para tanto, escolheu as cidades de Alexandria e Siene para realizar suas medidas.⁴³

Após o domínio grego, os romanos completaram sua conquista do mundo então conhecido no ano 30 a.C. (ALMEIDA, 2018, p. 21) ainda que não fosse por uma globalização tão imperativa. O modo de vida romano, ainda que muito dependente da cultura grega, não apresentava crescimento científico que não fosse prático; “a cultura romana não era científica” (FERRIS, 1990, p.21). A Engenharia ganhara mais espaço do que a Física, e o Direito florescia mais do que a Filosofia; enfim, o resultado era mais imponente que o processo ou a discussão. Quando se torna oficialmente cristã, as preocupações mudam de foco, mas ainda sem caráter de desenvolvimento científico; o que era mais importante: entender a corrupção mundana ou a forma redonda ou chata do mundo?

Santo Ambrósio, no século IV, argumenta: Discutir a natureza e a posição da Terra não nos ajuda em nossa esperança da vida futura (ALBUQUERQUE, 2007, p. 54). Levando em consideração que o relato do Gênesis indica uma Terra “sem forma e

⁴³ Os detalhes técnicos dos argumentos serão apresentados em outra seção.



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

vazia” e que Deus a tenha restaurado na Criação, a obra se torna o foco principal, não havendo lugar no contexto religioso prático e salvífico a discussão geofísica.

Já os islâmicos se encantaram com o modelo ptolomaico e atribuíram-no beleza e solidez, de forma que não ousaram questioná-lo, a fim de melhorá-lo, criando uma armadilha quanto ao desenvolvimento científico, pois a única percepção foi a que o modelo era deselegante (FERRIS, 1990, p.22).

A queda de Roma trouxe um clima de fugacidade quanto à cultura e na Idade Média piora ainda mais (BARROS, 2009, p. 15); os parâmetros científicos eram criados a partir de uma interpretação bíblica, “os planetas, disseram eles, eram empurrados pelos anjos, [...]. A orgulhosa Terra redonda foi achatada, o mesmo acontecendo com o brilhante Sol” (FERRIS, 1990, p.24).

Na época das Grandes Navegações, por volta do século XV, nunca o olhar para as estrelas foi tão decisivo na geografia da Terra. Os navegantes precisavam se orientar em longas jornadas e o mapa das constelações era de vital - literalmente - importância numa época de recursos escassos. Foi pelas navegações, de tentativa e erro muitas vezes, que a Cartografia conseguiu informações suficientes para traçar mapas e entender as dificuldades para que houvesse mais tentativas e menos erros (ROSA, 2013, p. 76). As rotas terrestres estavam saturadas e com muitos riscos devido à salteadores, por isso rotas marítimas seguras foram necessárias.

Os portugueses tinham a estrutura estatal para conseguir a primazia na conquista de rotas exclusivas até as Índias. Tudo começa com Infante Dom Henrique de Sagres, o primeiro a se aproveitar da costa africana para chegar à Ásia; em seguida - 28 anos após a morte do Príncipe Henrique, o Navegador - Bartolomeu Dias consegue contornar o Cabo da Boa Esperança em 1488; e, em 1498, Vasco da Gama conseguia, finalmente, chegar à Índia. Justificando seus motivos, da Gama respondeu que tinha o intuito de encontrar “cristãos e especiarias” (SOUZA e GARCIA, 2012, p. 14). Com a motivação comercial e religiosa em mãos, como diria o astrônomo Paolo dal Pozzo Toscanelli a Colombo para convencê-lo da expedição que a Ásia “vale a pena ser buscada pelos latinos não só devido à imensa riqueza [...], mas também devido aos homens instruídos, filósofos sábios e astrólogos.” (FERRIS, 1990, p.26).



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

Por volta dos anos 1490, Cristóvão Colombo aparece como grande empreendedor pela Espanha às novas rotas até as Índias. Baseado nos estudos cartográficos da época e tendo certa “teimosia devocional”, não acreditava nos resultados das distâncias e das escalas nos mapas. Sua navegação queria mostrar que a Terra era menor do que os mapas apresentavam⁴⁴ e convenceu, graças a Toscanelli, a rainha Isabel da Espanha a financiar sua viagem (SOUZA, 1946, p. 46).

Navegar rumo a oeste, por uma distância relativamente curta segundo Colombo, parecia uma expectativa boa de lucros e o estabelecimento de uma hegemonia espanhola para o contato com o mundo “das riquezas e dos sábios”. Chegando à América, crendo ter chegado às Índias, Colombo é confrontado por outros inúmeros dados de navegadores que viajam pelo sul e novos desenvolvimentos cartográficos ao ponto de conjecturar que o globo não fosse o que estavam dizendo de sua forma, mas, a fim de manter sua teimosa hipótese de uma Terra menor, “fosse do formato de uma pêra, que é redonda por toda parte exceto junto a haste, onde afina consideravelmente; ou seja, uma bola muito redonda, tendo algo semelhante ao bico do seio de uma mulher num lugar” (FERRIS, 1990, p.33) sendo que ele dizia ter navegado por esse “bico” na Terra, enquanto outros navegavam pelo “seio” propriamente dito.

As viagens, os dados, as informações coletadas explodiram novas bases para as cartas da Terra. Olhar para o Céu nunca foi tão decisivo para uma revolução científica que ocorreria nos anos de 1600, tanto para a Astronomia quanto para a Geografia. As medidas da Terra se tornaram importantes como nunca antes e começou-se a casar a filosofia celeste com a terrestre (BIRZNEK, 2015, p. 89) e desta relação cada vez mais os limites do céu foram ampliados e os contornos da Terra definidos.

Surgem neste contexto alguns nomes importantes na história do desenvolvimento dos conceitos científicos (OLIVEIRA, 2017, p. 80). Para citar os mais famosos, tem-se Copérnico com sua proposta heliocêntrica em que os planetas circundavam o Sol em órbitas circulares e as outras estrelas pertenciam a uma espécie de “concha orbital”, como uma esfera aristotélica; Tem-se também o conhecido nome

⁴⁴ A forma esférica da Terra já era considerada pelos navegadores e cartógrafos. O mito que Colombo queria demonstrar que a Terra era esférica foi criado depois dos anos 1600.



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

de Kepler com suas leis da gravitação, um tratado tão bem feito em suas observações quanto no rigor matemático, demonstrando que as órbitas planetárias, na verdade, eram elípticas com o Sol ocupando um dos focos (NUSSENZVEIG, 2002, p.194) além das outras duas leis, relacionadas com o tempo de trajetória e a área definida “dentro” da elipse e a relação do raio da órbita com o período de rotação de cada planeta. Todavia, tenha sido o nome de Galileu o que mais ressoou nesta revolução da ciência, sendo o italiano de Pisa considerado o pai da ciência moderna pelo grande nome da Física do século XX, Albert Einstein (ROSA, 2012, p. 124):

O pensamento lógico puro não nos pode proporcionar nenhum conhecimento do mundo empírico; todo conhecimento da realidade parte da experiência e termina nela [...] porque viu isto e, particularmente porque o repetiu para o mundo científico, Galileu é o pai da física moderna - na verdade, de toda a ciência moderna.

Muito dessa fama de Galileu Galilei (1564-1642) entre os físicos se dá pelo modo que conduziu experimentos que demonstravam suas propostas, tendo muito zelo na argumentação quando os erros dos instrumentos muito rudimentares que dispunha geravam resultados fora do que se esperava. Outra grande compensação era o modo que sua mente preenchia os vazios das argumentações aristotélicas com hipóteses extravagantes às premissas do antigo filósofo.

Essas hipóteses criativas em cima da própria ciência de Aristóteles geravam resultados contraditórios no desenrolar argumentativo das teorias aristotélicas, gerando o chamado *reductio ad absurdum*⁴⁵. O exemplo mais claro disso foi a contraprova da queda de dois objetos de massas (termo atual) distintas, em que se argumenta que os corpos de maior massa cairiam mais rapidamente do que os de menor massa. Partindo desse pressuposto, Galileu faz a seguinte conjectura: imagine que haja uma esfera de canhão em queda. Se essa esfera cai com velocidade determinada, então metade dessa esfera cairia com metade dessa velocidade. Serrando a esfera ao meio, cada hemisfério cairia juntamente entre si, mas relativamente lento em relação à esfera completa. Mas o

⁴⁵ *Reductio ad absurdum*, é um tipo de argumento lógico no qual alguém assume uma ou mais hipóteses e, a partir destas, deriva uma consequência absurda ou ridícula, e então conclui que a suposição original deve estar errada. O argumento se vale do princípio da não-contradição e do princípio do terceiro excluído



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

que aconteceria se as metades fossem unidas por um fio? Elas se comportariam como duas metades, ou “saberiam” que estavam ligadas caindo como uma esfera inteira? Para responder essas perguntas, Galileu conduziu um experimento mental com duas rochas e relatou-o em seu livro *Dialogues Concerning Two New Sciences* (GALILEI, 2001, p.63)

Se [Aristóteles estiver certo] uma pedra grande se move a uma velocidade de, digamos, 8, enquanto uma pedra menor se mova à velocidade de 4, então quando estiverem juntas, o sistema se moverá a uma velocidade de menos de 8; mas as duas pedras, quando amarradas, fazem uma pedra maior do que a pedra que antes se movia à velocidade de 8. Portanto, o corpo mais pesado move-se a menor velocidade do que o mais leve; um efeito contrário à suposição [de Aristóteles]. Vês assim que, partindo da tua suposição de que o corpo mais pesado se move mais rapidamente do que o mais leve, deduzo que o corpo mais pesado se mova mais lentamente.⁴⁶

Assim como as observações celestes tiveram impacto na atividade humana em solo, a física criada por Galileu em solo teve consequências para a astronomia também. Com auxílio de um telescópio, o pai da ciência moderna conseguiu desmistificar a ideia dos antigos sobre uma lua lisa, perene e perfeita; antes, o italiano encontrou crateras e descreveu todas as “imperfeições” lunares (ROSA, 2012, p. 57). Ao olhar para Vênus, percebeu as fases do planeta e conseguiu observar que as diferenças de tamanhos aparentes de Vênus se devem a diferentes posições do planeta em relação à Terra, concluindo que Vênus orbita em torno do Sol. Lutando contra uma enraizada física terrestre e uma suprema astronomia celeste entre os acadêmicos da época, Galileu teve de vencer essas duas dificuldades e, ao estabelecer novas raízes e nova astronomia, revolucionou a ciência, abrindo um excelente caminho para que Isaac Newton pudesse complementar e aperfeiçoar os trabalhos de Galileu.

A luta contra os conceitos sobre as quedas dos corpos consiste em um passo importante para que o conceito de inércia viesse a florescer na física de forma mais refinada. Não que Galileu tenha completado sozinho o conceito - esse trabalho coube a Newton - mas aumentou a abrangência da ideia (NUSSENZVEIG, 2002, p.68). Aristóteles argumentava que os corpos em repouso tendiam a permanecer em repouso e, ao se moverem, estavam apenas procurando seu lugar natural ou sob ação de contínua

⁴⁶ Texto traduzido para o livro *O Despertar Na Via Láctea*, de Timothy Ferris p.63.



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

força. Galileu, entretanto, diz que os corpos em movimento poderiam ter a tendência de permanecer naquele estado sem ação contínua de força, ou seja, colocar uma bala de canhão em movimento é tão difícil quanto pará-la (NUSSENZVEIG, 2002, p.67).

Por que a necessidade de unificar a física celeste com a física terrestre se torna importante nesta altura da presente argumentação? O motivo é simples: uma vez que as regras da natureza foram estabelecidas, especialmente nas conclusões de Galileu, não há como argumentar, dentro de um sistema, se este sistema está imóvel ou não. Sobre a inércia ainda diz: “E, portanto, sem obstáculos externos, um corpo pesado numa superfície **esférica** concêntrica como a Terra será indiferente ao repouso e aos movimentos para qualquer parte do horizonte”. (FERRIS, 1990, p. 65, grifo nosso).

Dessa forma, as novas bases da física, que se iniciaram com Galileu, unificaram a astronomia de Copérnico e Kepler com a natureza de movimentos na Terra, já com a ideia de estarem numa superfície esférica.

Entretanto, foi no Natal de 1642, ano da morte de Galileu, que o mundo recebeu um dos mais populares nomes da Física: Sir Isaac Newton. Quando Newton terminou seu bacharel em Cambridge no ano de 1665, a universidade foi fechada no verão daquele ano por causa da peste que assolava uma Londres com quase nenhuma estrutura sanitária, forçando Newton a se refugiar na sua fazenda em Woolsthorpe. Foi neste período que o Físico e Matemático desenvolveu seus principais trabalhos nas áreas, tendo destaque para o cálculo diferencial e os princípios da dinâmica, conhecidas como “A Três Leis de Newton”, usadas como base para sua teoria de gravitação⁴⁷ (NUSSENZVEIG, 2002, p.197).

Recatado, Newton desprezava a notoriedade e seus momentos de isolamento foram, segundo o próprio Newton, foram o de maior florescimento da sua mente em produção:

[...] achei o método para aproximar séries e a regra para produzir qualquer potência de um binômio a uma tal série. [...] achei o método das tangentes de Gregory e Slusius e (...) o método direto das fluxões. [...] teoria das cores, [...] método inverso das fluxões [...] comecei a pensar na gravidade [...], lei

⁴⁷ A demonstração entre a Lei de Gravidade e sua relação com o formato da Terra será apresentado na próxima seção.



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

de Kepler, [...] eu estava na flor da idade para invenções, e me ocupava mais de matemática e filosofia (ROCHA, 2015, p. 75).

Até aqui, o intuito é trazer contextualização histórica da evolução das concepções a respeito da forma da Terra. Convém, entretanto, trazer as demonstrações técnicas para que seja considerada somente a esfericidade como conclusão possível usando o método científico.

ARGUMENTOS A FAVOR DA ESFERICIDADE DA TERRA

Verificou-se na seção anterior que Aristóteles foi um dos primeiros a apresentar argumentos mais sólidos - menos envolvidos com mitos - a respeito do formato esférico da Terra. Em seu tratado *De Caelo* (Do Céu), o filósofo identifica as constelações distintas que há nos céus mais ao norte em comparação ao sul. Essa mudança das posições das estrelas é um indício de alguma curvatura na Terra. E de fato, como exemplo, pode-se citar a Estrela Polar do Norte (*Polaris*), muito utilizada para localização de latitudes na superfície terrestre (TAYLOR, 2004, p. 11).

Para um observador no extremo norte⁴⁸, o ângulo de observação dessa estrela é praticamente reto. Deste ponto, chamado extremo norte pela característica que se segue, ao andar para qualquer direção, o observador observará que a estrela tenderá a ir se aproximando da linha do horizonte e perceberá que a partir daquele ponto chamado extremo norte, em qualquer direção, estará mais ao sul quanto maior for a proximidade da estrela com a linha do horizonte, até o momento em que não será mais vista. Ao perder a estrela de vista, só restará uma conclusão: o observador ultrapassou o limite que divide o norte do sul. Logo, a Terra deve ser encurvada e não plana (PAULA, s/d, p. 15).

Se a curvatura não se equipara a de uma esfera perfeita, deve ser algo similar ou tendente à esfericidade. A prova mais concreta, na época, da esfericidade vem da projeção que a Terra faz, em sombra, na Lua em eclipses lunares, fenômeno conhecido como interposição da Terra entre o Sol e o satélite natural, bloqueando a luz solar,

⁴⁸ Evitaremos utilizar termos como “polo” e “hemisfério” para não viciar a linguagem em favor da esfericidade, uma vez que esta demonstração é objetivo final da argumentação e não pressuposto.



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

impedindo-a de chegar na Lua e deixando a sombra com o formato da Terra. Como a sombra tem aparência de círculo, a Terra só pode ser de aparência esférica.

Eratóstenes foi mais além no fortalecimento das demonstrações de Aristóteles, pois não só argumentou em favor da curvatura como calculou a medida da circunferência de um meridiano utilizando o método da triangulação (NUSSENZVEIG, 2002, p.9) ou seja, um método provado matematicamente de forma irrefutável: Considerando que as cidades de Alexandria e Siene estão na mesma longitude⁴⁹ e que os raios solares podem ser entendidos como feixes paralelos entre si⁵⁰. Dessa forma, verificando a angulação distinta das sombras projetadas por gnômons nas duas cidades no mesmo dia e hora e conhecendo a distância entre as duas cidades, por uma regra de três simples, consegue-se calcular a medida da circunferência da Terra naquele meridiano.

No dia de solstício de verão, os raios solares estão perpendicularmente incidentes sobre Siene e formam nenhuma sombra de um objeto colocado verticalmente no solo. Já em Alexandria a sombra forma um ângulo de 7,2° aproximadamente, que é justamente o ângulo de latitude formado entre as duas cidades (AVILA, S/d, p. 7).

Portanto, o arco de circunferência do meridiano - que é a distância entre as duas cidades - corresponde à fração 1/50 do arco total do meridiano, uma vez que o ângulo medido também corresponde a essa proporção de uma volta total de 360°.

A distância entre as duas cidades foi medida e o valor próximo de 5000 *stadia*⁵¹, e como este valor corresponde a 1/50 do total da circunferência, a volta completa deve ter 250.000 *stadia* que daria em torno de 40.000 km segundo as estimativas mais confiáveis para o *stadium* (NUSSENZVEIG, 2002, p.10).

⁴⁹ Há um pequeno desvio de longitude, mas não chega a ser significativo para a aplicação do método de triangulação.

⁵⁰ Talvez esse princípio seja uma premissa falsa, pois os raios poderiam já vir inclinados entre si. Para contornar o problema, Eratóstenes teve que escolher Siene por estar próxima ao Trópico de Câncer, de forma que os raios solares, ao meio dia, não projetam sombra de uma estaca vertical (gnômon) na ocasião do Solstício de Verão. No mesmo dia e hora, em Alexandria, os raios solares projetam uma sombra do gnômon cuja angulação é equivalente à angulação de latitude entre Alexandria e Siene; portanto os raios solares devem ser paralelos entre si.

⁵¹ A unidade de comprimento *stadium* (157 metros, aproximadamente) tem seu plural escrito como *stadia*.



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

Como o comprimento da circunferência é diretamente proporcional ao diâmetro da circunferência e a constante de proporção é o número π , pode-se determinar o raio esférico de, aproximadamente, 6.400 km para a Terra. Isso justifica o motivo de não se percebera curvatura a olho nu. Para uma inclinação de 1° de curvatura, precisa-se distinguir $5.000 \div 7,2 \text{ stadia}$, o que daria em torno de 110 km! A linha do horizonte interrompe este alcance visual mesmo com máquinas e lentes com grande alcance de aproximação.

Para a demonstração - ou quase demonstração - total da propriedade da inércia feita por Galileu, argumenta-se o seguinte: imagina-se um observador confinado no subsolo de um navio de forma que não há vista para o exterior e despreza-se qualquer flutuação das posições deste lugar devido às ondas sobre o navio. Se houvesse ali um jogo ou interações com outras criaturas, como borboletas a voar, peixes em aquários ou qualquer outra coisa ordinária, verificar-se-á que não haveria de se modificar nenhuma relação das atividades do navio em relação às mesmas atividades em solo. Se o navio for, ainda, colocado em movimento, desde que sem aceleração, os passageiros não se darão conta de nada disso, pois compartilham, por inércia, do mesmo movimento do navio.

Portanto, dizer que um helicóptero poderia simplesmente subir, permanecer estático em suspensão no ar, esperar a Terra girar, e depois baixar, não o faria deslocar-se para leste. Muitos usam mal este argumento, por não levar em consideração a inércia, e dizem que, como por experiência, não ocorre a viagem de um helicóptero suspenso no ar, a Terra é imóvel. Se é imóvel, nada há de errado em considerá-la plana com o movimento dos astros em relação à Terra. As dificuldades, além da inércia, são as observações feitas por Galileu da Lua, de Vênus, Júpiter e das luas de Júpiter.

Como foi dito, Galileu observou e documentou as fases de Vênus e demonstrou que este, esférico por causa das fases, orbita ao redor do Sol. Verificou o formato de Júpiter e seus satélites e constatou, ainda que em menor importância na sua argumentação, que eram esféricos.



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

Por que só a Terra haveria de ser plana? Além disso, verifica-se uma situação “surpreendente”: a viagem do Chile até a Austrália. O canal *Aviões e Música*⁵² da plataforma *youtube* explica a necessidade de uma geometria esférica na Terra para o sistema inercial de um avião funcionar, a fim de determinar sua localização além de demonstrar a trajetória de voos internacionais que só são possíveis em um globo.

O modo de posicionamento pelo sistema inercial de um avião deve funcionar como sistema “absoluto” em determinar as coordenadas de um avião. Começa pelo alinhamento da primeira posição, com a aeronave ainda em solo e se faz a medida da velocidade de rotação da Terra em torno do eixo. Como essa velocidade⁵³ de rotação muda, na geometria de um globo, sendo mais alta nas proximidades do paralelo do Equador em relação aos polos, a sincronização se dá de forma mais rápida nas regiões equatoriais. Dessa forma, um deslocamento relativo da aeronave em relação à Terra é medido como se a Terra estivesse em repouso, pois, pela inércia do avião, este compartilha e mantém o mesmo movimento terrestre de rotação - como os personagens no fundo do convés do barco em repouso ou movimento uniforme. Além disso, uma viagem do Chile a Austrália só é possível, de forma eficiente, pelo polo Sul, o que seria impossível nos modelos de Terra plana.

Essa lei da Inércia compõe a primeira das três leis de Newton, conhecidas como princípios da Dinâmica. As outras duas podem ser resumidas como o “Princípio Fundamental da Dinâmica (PFD)” (2ª Lei) e como a lei de “Ação e Reação” (3ª Lei) (NUSSENZVEIG, 2002, p.68).

Segundo ainda Nussenzveig (2002, p.69), sabe-se que pelo PFD, a força resultante é dada pelo produto da massa de um corpo pela aceleração. Sendo a massa a medida da inércia de um corpo, tanto maior será a aceleração causada pela resultante quanto menor for a massa. Tem-se $F = m.a$, em que F é a força resultante é o produto da massa m pela aceleração a .

⁵² Acessado em maio de 2020: <https://www.youtube.com/watch?v=3wye40Ykejg> e <https://www.youtube.com/watch?v=jSRljDwyG28&t=104s>

⁵³ Aqui se refere à velocidade linear de rotação, já que a velocidade angular é a mesma.



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

Percebe-se que a força e a aceleração devem ter mesma direção, pois a massa é um escalar. Considerando o sistema copernicano, heliocêntrico, a força de atração gravitacional do Sol sobre um planeta gera um movimento aproximadamente circular⁵⁴.

A aceleração em questão é do tipo centrípeta, sendo a resultante do tipo centrípeta da mesma forma. Tem-se que a aceleração desse tipo é radial em relação à trajetória, ou seja, perpendicular a um pequeno trecho de deslocamento e dada, em módulo, por $a = w^2.R$, em que w representa a velocidade angular (o tanto que uma partícula varia o ângulo num intervalo de tempo) e R indica o raio da trajetória, considerado muito maior do que o planeta, por isso trata-se a estrela e o planeta como partículas de dimensões puntiformes.

Chama-se período T o tempo necessário para um ciclo completo e, numa trajetória circular, entende-se como a plenitude de um ciclo, uma volta completa, o que representa o ângulo de 2π radianos. Utilizando os princípios da dinâmica, associados à 3ª Lei de Kepler ($R^3/T^2 = C = \text{constante}$), ocorre o seguinte resultado, em módulo:

$$F = -4\pi^2 C \frac{m}{R^2}$$

Pela lei dos períodos de Kepler, tem-se a conclusão de que a força gravitacional é inversamente proporcional ao quadrado do raio da órbita. Ao levar em consideração o princípio de Ação e Reação, esta força sobre o planeta de massa m , também é sentida pelo Sol de massa M . Logo, Newton escreve o resultado a seguir de outra forma, tendo a lei dos períodos de Kepler como um reforço da proposta newtoniana de que a força e o quadrado do raio da órbita estão em relação inversa, substituindo as constantes da equação por uma constante G , chamada de constante de gravitação universal:

$$F = G \frac{mM}{R^2}$$

Considerando que os planetas e a estrela em torno da qual orbitam são de tamanhos desprezível, a equação anterior vale para partículas, como se os pontos das posições da estrela e do planeta em questão concentrassem toda a respectiva massa.

⁵⁴ Demonstrou-se pela lei de Kepler que são elípticas as órbitas dos planetas, porém de excentricidade pequena o suficiente para uma aproximação não muito grosseira para uma órbita circular.



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

Dessa forma, a geometria do planeta pode ser demonstrada comparando a força que atua na superfície da Terra com a força que o mesmo planeta exerce em outro astro. Bastou Newton comparar a atração pela Terra de uma maçã em queda com a força que mantém a Lua em órbita, e verificar que ambas as forças têm que ter origem no centro de uma Terra esférica, pois este ponto concentraria toda a massa do planeta, abstratamente, e tanto uma maçã em queda quanto a Lua procurariam orbitar em torno desse ponto. Nas palavras de Newton, retiradas de Nussenzveig (2002, p.197):

[...] da Lei de Kepler sobre os períodos dos planetas... deduzi que as forças que mantêm os planetas em suas órbitas devem variar inversamente com os quadrados de suas distâncias aos centros em torno dos quais as descrevem: tendo então comparado a força necessária para manter a Lua em sua órbita com a força da gravidade na superfície da Terra, e encontrado que concordavam bastante bem.

Isso significa que a ação da gravidade sobre os corpos na superfície terrestre é da mesma natureza que a força que mantém a Lua em órbita e isso só é possível se as forças estiverem atuando num único ponto, central à trajetória de órbita. Com auxílio do cálculo infinitesimal por Newton inventado, o físico chegou à conclusão que uma distribuição esférica de massa tem o mesmo resultado do que se toda a massa da Terra estivesse no centro do planeta. Logo o “centro em torno dos quais” os planetas descrevem a órbita, devem ser o centro de uma esfera! Como a natureza da força gravitacional é a mesma na superfície da Terra, uma maçã em queda procura orbitar em torno do centro da Terra, o qual é o centro de uma esfera.

Para a demonstração, utiliza-se a energia potencial (U) associada a dois corpos (Terra de massa M e uma partícula de massa m), relacionadas à força gravitacional. Considerando que a distância entre o centro da Terra e partícula é r , pode-se determinar a energia como:

$$U = -G \frac{Mm}{r}$$

O próximo passo é considerar que existe um invólucro esférico em torno da “partícula” Terra e retirar um anel dessa esfera, como se fosse um uma casca circular de uma laranja. Tal casca possui massa infinitesimal dM e contribui com a energia



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

potencial sobre a partícula de massa m um valor infinitesimal de energia dado por, sendo s o valor da distância deste anel até o corpo de massa m (NUSSENZVEIG, 2002, p.211):

$$dU = -G \frac{m}{s} dM$$

Por uma regra de proporção, tendo R o valor do raio da esfera em torno do ponto em torno do qual a partícula de massa m orbita. Aplicando o cálculo integral e as condições de contorno, chega-se aos valores:

$$U(r) = -\frac{GMm}{r} \quad (r \geq R)$$

$$U(r) = -\frac{GMm}{R} \quad (r < R)$$

As equações anteriores mostram que a interação de uma camada esférica de massa dM sobre uma partícula de massa m tem a mesma natureza de uma interação de uma partícula de massa M no centro da esfera sobre outra de massa m . Logo, tanto uma esfera de massa M quanto uma partícula de massa M no centro da esfera produzem a mesma interação gravitacional. Para efeitos de comparação, pode-se aplicar que força é gradiente de um potencial e chegar na equação da força para a simetria esférica da mesma natureza do que considerando o planeta Terra puntiforme.

Em suma, ao se comparar a força que mantém a Lua em órbita da Terra com a força que atrai uma maçã ao solo, verifica-se serem de mesma natureza e tal natureza é equivalente ao considerar o planeta Terra como tendo a massa concentrada num ponto ou como tendo a massa distribuída numa simetria esférica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo com a evolução dos conceitos científicos, conforme apresentado, ainda se percebe atualmente alguns movimentos em defesa do formato plano para a Terra. Contudo nota-se que são teorias que não podem possuir bases científicas ou históricas para defesa dessa tese, visto que desde a Antiguidade, no germinar de pensamentos mais fiéis a um método científico, as argumentações vieram acompanhadas de uma linguagem matemática, descrita por Galileu como a “linguagem com a qual lemos o



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

Universo” (NUSSENZVEIG, 2002, p.2). A observação, contudo, muitas vezes se mostrou suficiente para se argumentar que a Terra deve possuir um formato esférico, como foi esclarecido por Eudóximo e Aristóteles. Vale ressaltar que as explicações em prol de outro formato para a Terra eram acompanhadas de superstições devido ao desenvolvimento teológico local ou até mesmo devido à estrutura social e econômica do país, como foi o caso do Egito Antigo (RIVAL, 1997, p.9). Isso se propaga até hoje com teses políticas e conspiratórias para justificar a Terra plana. Entretanto, a defesa da Terra esférica sequer deveria estar em xeque, pois os métodos aplicados por Eratóstenes e Newton são totalmente matemáticos, não cabendo espaço para discussão no conceito de prova matemática irrefutável. Ademais, as aplicações tecnológicas das teorias científicas se baseiam no formato esférico terrestre, como é o caso do voo pelo polo sul realizado do Chile à Austrália e pelo sistema inercial do avião que funciona pela leitura da velocidade de rotação da Terra. Ora, se essas tecnologias funcionam no papel a que se destinam, é porque a base delas foi bem estabelecida e não é mera convenção política ou supersticiosa. O passar da História tornou evidente que a observação aliada à experimentação objetiva compõe um poderoso artifício para evolução do conhecimento, podendo ser apreciado por toda a Humanidade.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, B.P. **As relações entre o homem e a natureza e a crise socioambiental**. Rio de Janeiro, RJ. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), 2007.

ALMEIDA, P.A.F. Os gauleses em César, Tito Lívio e Plínio, O Velho: Sobre a retórica da representação do outro e a construção do si. UFMG. **Tese**. Disponível em https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/LETR-B57JX8/1/priscilla_adriane_ferreira_almeida_tese.pdf. Acessado em 03.mai.2020.

BARROS, J.A. Passagens de Antiguidade Romana ao Ocidente Medieval: leituras historiográficas de um período limítrofe. **História**, vol.28 no.1, Franca, 2009.

BARROS-PEREIRA, H.A. Esferas de Aristóteles, círculos de Ptolomeu e instrumentalismo de Duhem. **Rev. Bras. Ensino Fís.** vol.33 no.2. São Paulo Apr./June 2011.



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

BIRZNEK, F.C. A evolução das teorias cosmológicas: da visão do universo dos povos antigos até a teoria do Big Bang. **Trabalho de Conclusão de Curso**, UFPR, 2015, 100 p.

BONGIOVANNI, V. As duas maiores contribuições de Eudoxo de Cnido: “A teoria das proporções e o método de exaustão”. **Revista Ibero americana de educación matemática**, número 2, pag. 91-110, 2005. Disponível em http://www.fisem.org/www/union/revistas/2005/2/Union_002_008.pdf. Acessado em 17.Jul.2020.

CALAFATE, F. Eratóstenes: o primeiro a medir a circunferência da Terra. **A Nova Democracia**, ano xvii, nº 224 - 2ª quinzena de junho e 1ª de julho de 2019. Disponível em <https://anovademocracia.com.br/no-224/11259-eratostenes-o-primeiro-a-medir-a-circunferencia-da-terra>. Acessado em 16.mai.2020.

CAMPOS, J.A.S. **Introdução às Ciências Físicas 1**. v. 3 / Jose Adolfo S. de Campos. - 4. ed. = Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2008.

FERRIS, T. **O Despertar da Via Láctea: Uma História da Astronomia**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1990.

GALILEI, G. **Dialogues Concerning Two New Sciences**. New York: Dover Publications, 2001.

NUSSENZVEIG, H.M. **Curso de Física Básica**, Volume 1: Mecânica. 4ª Edição. São Paulo: Editora Blucher, 2002.

PAULA, H.F. **A esfericidade da Terra**. Disponível em file:///C:/Users/asus/Downloads/02_A%20esfericidade%20da%20Terra.pdf. Acessado em 22.mai.2020.

OLIVEIRA, D.A.U. As grandes navegações: aspectos matemáticos de alguns instrumentos náuticos. Dissertação. UFPB, João Pessoa, 70 p., 2017.

RIVAL, M. **Os Grandes Experimentos Científicos**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Zahar, 1997.

ROSA, C.A.P. **HISTÓRIA DA CIÊNCIA A Ciência Moderna**. Volume II - Tomo I. Fundação UnB, 412 p. Brasília, 2012.

ROSA, R. **INTRODUÇÃO AO GEOPROCESSAMENTO**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. 142 p. 2013.



IΦ-Sophia

Revista eletrônica de investigação filosófica, científica e tecnológica

ROCHA, J.M. A descoberta da Teoria da Gravitação Universal: Uma análise desde Aristóteles aos Principia **Monografia** apresentada no instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de licenciado em Física. UFRJ, 52, 2015.

SARAIVA, M.F.O.; OLIVEIRA FILHO, K.S.; MÜLLER, A.M. **Movimento dos Planetas - o Modelo Heliocêntrico de Copérnico**. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/Aula5-132.pdf>. Acessado em 18.jul.2020.

SOUZA, L.D.; GARCIA, J.M. D. João II vs. Colombo: Duas estratégias divergentes na busca das Índias. Vila do Conde. **REVISTA ANGELUS NOVUS** - no 4 - dezembro de 2012. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho, 2012.

SOUZA, T.O.M.O. **DESCOBRIMENTO DO BRASIL - ESTUDO CRITICO** - de acordo com a documentação historico-cartografica e a nautica. **BRASILIANA**, Vol. 253, 1946. Disponível em <https://bdor.sibi.ufrj.br/bitstream/doc/339/1/253%20PDF%20-%20OCR%20-%20RED.pdf>. Acessado em 17.maio.2020.

TAYLOR, T. **The treatises of Aristotle, on the heavens, on generation & corruption, and on meteors** (Somerset, England: The Prometheus Trust, 2004, 1807).

VELÁSQUEZ-TORIBIO, A.M.; OLIVEIRA, M.V. Primeiro modelo matemático da cosmologia: as esferas concêntricas de eudoxo. **Rev. Bras. Ensino Fís.** vol. 41 n° 2 São Paulo 2019 Epub Oct 22, 2018.

Recebido em: 31/08/2020
Aprovado em: 26/10/2020
Publicado em: 28/12/2020