



# Sobre a forma da Terra

.....  
**Fernando Lang da Silveira**  
 Instituto de Física, Universidade  
 Federal do Rio Grande do Sul, Porto  
 Alegre, RS, Brasil  
 E-mail: lang@if.ufrgs.br  
 .....

## Introdução

No dia 11/02/2016 foi realizada uma postagem, no sítio Pergunte ao Centro de Referência para o Ensino de Física (CREF) do IF-UFRGS,<sup>1</sup> intitulada “Teste sobre a forma da Terra!”.<sup>2</sup> A chamada para a postagem encontra-se na Fig. 1 (na seção Resposta ao Teste indica-se qual é a melhor alternativa de resposta e argumenta-se sobre ela).

Como é de praxe, as postagens do Pergunte ao CREF são divulgadas em cerca de 30 comunidades de física do Facebook e, em algumas horas, costumam ocorrer dezenas ou até centenas de acessos à resposta. Entretanto, dessa vez houve milhares de acessos em poucas horas (em menos de um dia os contadores registraram quatro mil acessos somente nessa postagem) e diversas pessoas posteriormente comunicaram que o sítio emitia um aviso de estar sobrecarregado.

Há diversas postagens no Pergunte ao CREF, anteriores e posteriores a essa, com questionamentos sobre a forma da Terra (algumas serão indicadas neste artigo). Tratando-se de um tema recorrente - e de permanente interesse das pessoas -, é objetivo do artigo detalhar alguns aspectos históricos sobre o conhecimento da geometria de nosso planeta. Ao final, serão apresentados comentários sobre a anacrônica e esdrúxula concepção da Terra Plana que nos últimos anos assola as redes sociais e os vídeos do Youtube. Diversas evidências sobre a forma esférica da Terra serão apresentadas.

## A forma da Terra até o século XVI

Desde a Grécia Antiga - segundo, por exemplo, Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.) e, anteriormente, Pitágoras (570 a.C.-495 a.C.) - sabe-se que a Terra é (quase) esférica, sendo também bem conhecido que no século III a.C. Eratóstenes (276

.....  
 Nosso conhecimento sobre a forma da Terra é uma conquista histórica que remonta à Antiguidade Clássica. Alguns aspectos dessa história são lembrados. Evidências sobre a esfericidade da Terra são discutidas em contraposição à esdrúxula e anacrônica concepção atual da Terra Plana.  
 .....

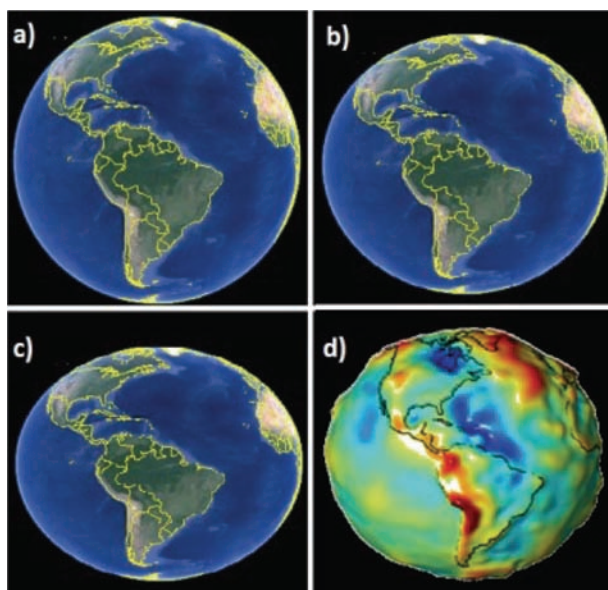


Figura 1: Qual das figuras melhor representa o formato da Terra?

a.C.-194 a.C.) fez a primeira determinação da circunferência da Terra. Quase um século depois, Posidônio (135 a.C.-51 a.C.), de maneira independente, usando em vez do Sol a estrela Canopus (uma supergigante branco-amarelada), obteve uma medida para a circunferência terrestre [1, 2].

Durante a Idade Média, mesmo antes de o aristotelismo ter sido assumido explicitamente na Igreja Católica por Tomás de Aquino (1225-1274), predominava a concepção da Terra como um globo entre os conhecedores das ideias gregas. O globo terrestre, encimado pela cruz na mão esquerda, representava o poder temporal do rei Carlos Magno (742-814) conforme se vê na Fig. 2.

O modelo da Terra redonda inspirou as grandes navegações acontecidas a partir do século XV, culminando com as descobertas da América em 1492 e do Brasil em 1500. A circum-navegação, a volta ao redor do globo terrestre, iniciada por Fernão de Magalhães (1480-1521) em 1519 (morto em batalha nas Filipinas durante a viagem), foi completada pelas naus em 1522.

A geometria da Terra era essencialmente a mesma, seja na velha concepção geocêntrica, seja na revolucionária concepção heliocêntrica que Copérnico reviveu no século XVI. A divergência entre ambas

as concepções estava em qual corpo seria estático, a Terra ou o Sol. Na Fig. 3 vemos a belíssima obra artístico-científica concebida em 1561 pelo matemático, cartógrafo e cosmólogo português Bartolomeu Velho (?-1568), indicando que naquela época já se conhecia com muita fidedignidade a geografia de nosso planeta. Essa obra representa a integração da cosmologia aristotélica com o cristianismo na versão tomista, sendo rica em detalhes quantitativos (sugere-se a inspeção da figura no arquivo em alta da resolução da Wikipedia). Vale destacar que nessa figura, entre tantas informações quantitativas, há para a circunferência da Terra o valor de 6300 léguas, o que equivale a aproximadamente 38 mil quilômetros. Jean François Fernel (1497-1558), em 1525, realizou a medida do arco do meridiano terrestre entre Paris e Amiens, cidades separadas por 1° de latitude sobre o mesmo meridiano, como sendo de 56.746 toesas.<sup>3</sup> Dessa medida obtém-se, multiplicando-se por 360 e lembrando-se que uma toesa corresponde a 1,95 m, que a circunferência terrestre em unidades atuais é aproximadamente 39,8 mil quilômetros.

**As grandes navegações foram inspiradas no modelo de Terra esférica; os geocentristas não tinham dúvidas sobre a esfericidade da Terra**

a forma da Terra foi levada a um alto grau de sofisticação quantitativa. Destacam-se, entre outros, os trabalhos teóricos e experimentais do abade Jean-Felix Picard (1620-1682), que em 1671 publicou um pequeno livro sobre a “Medida da Terra” onde apresenta para o comprimento de 1° do meridiano terrestre que passa por Paris (em unidade de medida atual) cerca de 110,5 km, daí decorrendo que a circunferência da Terra seria de aproximadamente 39,8 mil quilômetros [3].

A mecânica cartesiana foi uma teoria constituída sob a hipótese copernicana e pretendia dar suporte dinâmico à ideia revolucionária de Copérnico. Entretanto, Descartes (1596-1650) somente admitia “forças de contato”. A possibilidade de “forças de ação a distância” foi descartada por ele e pelos cartesianos que lhe sucederam. Quando do advento da inovadora mecânica de Newton (1643-1727), os cartesianos julgaram a Lei da Gravitação Universal um “monstro metafísico”, por admitir que a força gravitacional entre dois corpos pontuais ou esféricos é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre seus centros [4]. A dinâmica dos corpos celestes, segundo Descartes, estava fundada sobre ser cada um deles um centro de vorticidade que arrastava os planetas (no caso do Sol e de outros centros espalhados pelo universo) ou os satélites (a Lua ou os satélites de Júpiter, por exemplo, moviam-se no vórtice do

### A forma da Terra nos séculos XVII e XVIII

No século XVII, com o advento da mecânica cartesiana e posteriormente com a mecânica newtoniana, a discussão sobre



Figura 2: Estátua de Carlos Magno segurando um globo, símbolo do seu poder temporal. (<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Charlemagne.jpg> - acessado em 10/03/2017).

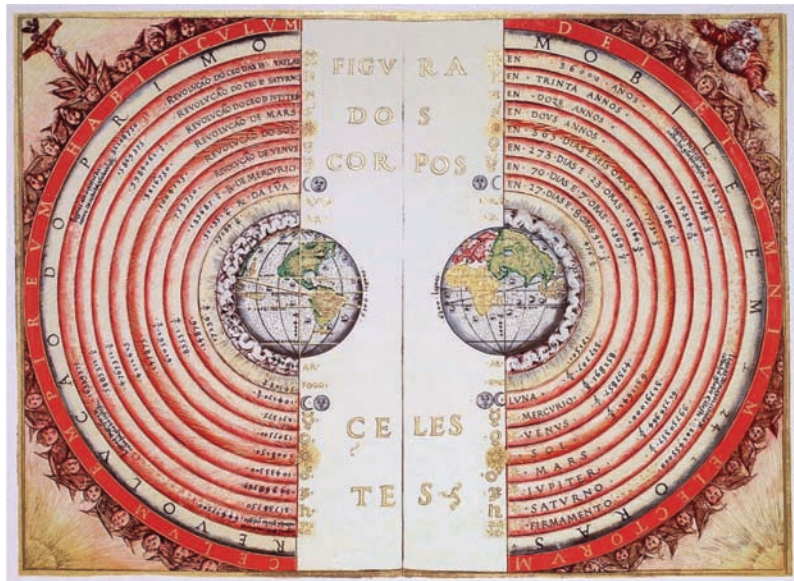


Figura 3: Figura dos corpos celestes - Ilustração do modelo geocêntrico do Universo. (Por Bartolomeu Velho, Domínio público - <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3672259> - acessado em 10/03/2017).

respectivo planeta).

A questão da forma da Terra tornou-se um tema de controvérsias entre os cientistas a partir do final do século XVII. Cristiaan Huygens (1629-1695) calculou que nosso planeta é um esferoide (elipsoide de revolução) oblato, isto é, que tem o seu diâmetro equatorial levemente maior do que o diâmetro polar, na razão de 578 para 577, respectivamente. Newton, no terceiro livro dos *Principia*, *O Sistema do Mundo*, prevê um achatamento um pouco maior do diâmetro polar em relação ao equatorial, na razão de 230 para 229. Já os cartesianos acreditam que a Terra é um esferoide prolato (Fig. 4), isto é, alongado segundo o seu diâmetro polar. Medidas efetuadas nas primeiras décadas do século XVIII por Jacques Cassini (1677-1756) e Giacomo Maraldi (1665-1729) pareciam corroborar o esferoide prolato cartesiano [3].

A Real Academia de Ciências da França era preponderantemente cartesiana nas duas primeiras décadas do século XVIII. Entretanto, havia físicos e filósofos franceses que aderiram às ideias newtonianas. O enciclopedista Voltaire (1694-1778), ao retornar para a França depois de três anos de permanência entre os ingleses (1726 a 1729), foi o grande divulgador da mecânica de Newton entre os leigos [5].

Em 1732 o físico Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759) tomou abertamente a posição de Newton (que morreria em 1727) perante a Real Academia de Ciências da França, na defesa da Lei da Gravitação Universal - e consequentemente da forma da Terra como esferoide oblato -, propondo métodos astronômicos sofisticados (em seu livro *Discursos sobre*

*as Diversas Figuras dos Astros*) que poderiam ser usados em medidas do comprimento de  $1^\circ$  do meridiano terrestre [3]. Medições próximas ao equador e próximas ao polo norte poderiam finalmente decidir se a Terra era achatada ou alongada no seu eixo polar, conforme respectivamente newtonianos e cartesianos propunham.

A Fig. 5 é uma representação de um meridiano terrestre e dos comprimentos dos arcos que correspondem a um ângulo de  $1^\circ$  em duas regiões diferentes. É importante destacar que os centros de curvatura dos arcos não coincidem com o centro do esferoide. Além disso, os raios de curvatura desses pequenos arcos são diferentes e apresentam dimensões diversas dos semieixos do esferoide (isto é, dos raios polar e equatorial da Terra). A realização de tais medidas era possível graças aos métodos

astronômicos nas determinações dos ângulos de deslocamento sobre os meridianos e aos métodos topográficos nas medidas dos comprimentos dos arcos.

A Academia de Ciências da França, em 1735, financiada pelo rei Luís XV, decidiu enviar expedições à América do Sul e à Lapônia para, entre outras atividades científicas e expansionistas, medir o comprimento do arco correspondente ao ângulo de  $1^\circ$  do meridiano terrestre. Se tal medida resultasse em uma extensão maior na região polar do que na região equatorial, estaria corroborada a previsão newtoniana.

Em 1736, a expedição à Lapônia liderada por Maupertuis realizou uma das medidas, encontrando cerca de 500 toesas (quase 1 km) a mais do que o comprimento correspondente a  $1^\circ$  do meridiano

terrestre em Paris, corroborando assim a previsão newtoniana, embora ainda faltasse o resultado da outra expedição à América do Sul com medidas feitas nas proximidades do equador [6].

A expedição sul-americana, conduzida por Charles-Marie de La Condamine (1701-1774), somente retornou em 1745 [7]. As medidas feitas na proximidade de Quito no Equador (na época a região era conhecida como Peru) corroboraram a previsão newtoniana sobre o achatamento do eixo polar, resultando em que o raio polar (semieixo polar do esferoide) fosse 33 km inferior ao raio equatorial (semieixo equatorial). Newton previu uma diferença de 26 km entre as duas medidas. Hoje sabemos que a diferença é de 21 km. Portanto, desde o século XVIII as medidas geodésicas francesas confirmam que a Terra é achatada no seu eixo polar em relação ao equatorial.

### Sobre a forma da Terra na atualidade

A Terra é muito aproximadamente um esferoide oblato, mais precisamente um elipsoide de rotação cujo semieixo (ou raio) polar difere muito pouco do semieixo equatorial. As diversas medidas subsequentes às das expedições geodésicas francesas entre 1736 e 1745 reduziram as incertezas sobre as dimensões deste elipsoide, agora chamado elipsoide de referência (ER). Atualmente sabe-se que o raio polar mede 6.356,7519 km e o raio equatorial 6.378,1366 km [8].

A ideia de criar uma figura que melhor representasse a Terra foi introduzida por Johann Carl Friedrich Gauss (1777-1855). Gauss definiu uma superfície de potencial gravitacional efetivo (potencial que inclui, além do próprio potencial gravitacional, o potencial centrífugo devido à rotação do planeta) constante que passa pela superfície média dos oceanos (isto é, a superfície das águas oceânicas não perturbadas). Essa figura, que acabou sendo chamada de geóide, teria um interesse teórico e prático maior do que o esferoide oblato (por exemplo, as altitudes do relevo terrestre seriam referidas ao geóide).

Um fio de prumo tem a importante propriedade de se orientar perpendicularmente ao geóide em qualquer ponto de sua superfície. A Fig. 6 é uma representação esquemática para diferenciar o geóide do ER, indicando também a coincidência do geóide com o nível não perturbado dos oceanos e a importante propriedade de que os fios de prumo (orientados na direção do campo efetivo, isto é, da composição do campo gravitacional com

**A forma de esferoide levemente achatado para Terra estava bem estabelecida no século XVIII**

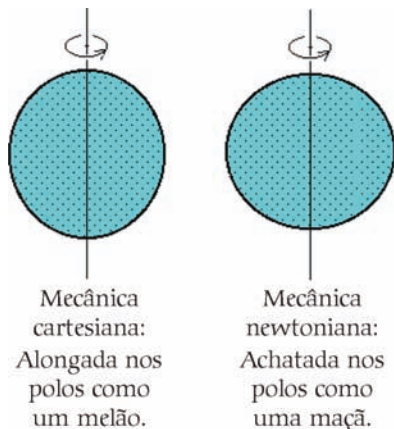


Figura 4: A Terra é um esferoide prolato para os cartesianos e oblato para os newtonianos.

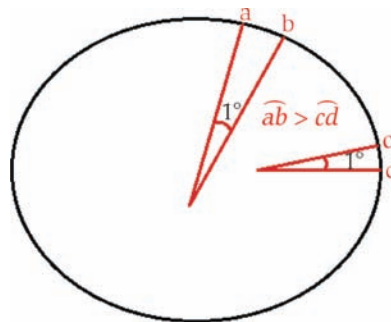


Figura 5: Representação de como medidas do comprimento de  $1^\circ$  do meridiano terrestre realizáveis na Lapônia e no Peru esclareceriam se o achatamento do esferoide concorda com a previsão newtoniana ou cartesiana.

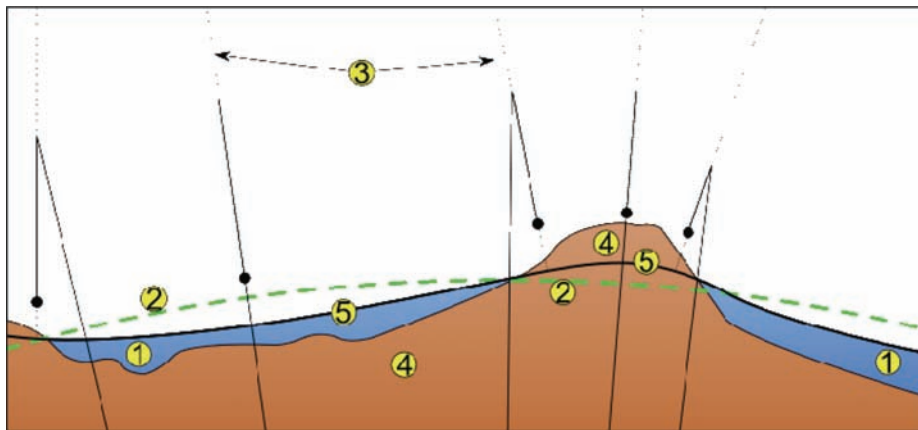


Figura 6: Representação esquemática (1) da superfície do oceano, (2) da superfície do ER, (3) de fios de prumo locais (4) do continente (5) do geóide. Autoria de MesserWoland - CC BY-SA 3.0. Disponível em <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1230159> (acesso em 18/03/2017).

o campo não inercial centrífugo) são perpendiculares ao geóide.

A diferença entre o geóide e o ER não ultrapassa 107 m, conforme representa a Fig. 7. Portanto, essa diferença perfaz no máximo 0,02% do raio polar ou equatorial do ER.

### Resposta ao teste sobre a forma da Terra

Na verdade, com exceção da alternativa “a”, que é aceitável, as demais opções do teste apresentadas na introdução deste artigo são impróprias, por exagerarem nas deformidades da Terra.

O achatamento da Terra é muito pequeno. Essa foi a previsão teórica de Newton, corroborada espetacularmente após sua morte pelas expedições geodésicas francesas do século XVIII anteriormente referidas. As medidas atuais levam a uma diferença de 21 km entre o raio equatorial e o raio polar. Tal diferença representa apenas uma parte em 300 ou 0,3% do raio equatorial (ou do raio polar) da Terra.

A opção “a” apresenta uma figura que tem 93 pixels de extensão para o raio equatorial. O raio polar deveria então ter 92,7 pixels para que a representação

conservasse a verdadeira proporção entre ambas dimensões. Por razões óbvias, tal é impossível de ser representado com essa quantidade de pixels! Ou seja, nessa escala em que a figura da Terra se encontra na alternativa “a”, os dois raios são iguais. Daí decorre que as opções “b” e “c” são más representações em escala da real forma da Terra, já que apresentam um notável achatamento polar.

Coincidentemente, as irregularidades no relevo da Terra, tomando como extremos o topo do Everest e o fundo da fossa oceânica das Marianas, resultam também em cerca de 20 km. Essa diferença é muito semelhante à discrepância entre os raios polar e equatorial da Terra, levando a que a figura “d” seja, portanto, uma péssima representação em escala da real forma da Terra. Entretanto, essa última figura está disseminada equivocadamente em muitos sítios da internet para representar a forma da Terra. A imagem apresentada na alternativa “d” foi retirada de uma figura que exprime as pequeníssimas anomalias do campo gravitacional da Terra sobre o geóide (Fig. 8). Nessa figura, as deformações do geóide indicam variações na aceleração da gravidade [9]. A abreviatura gal identifica uma unidade de medida gravimétrica (o galileu) que homenageia Galileu Galilei e que vale  $1 \text{ cm/s}^2$ . É importante destacar que as anomalias representam no máximo 0,05 galileus em cerca de mil galileus (que é aproximadamente o valor padrão da aceleração da gravidade), portanto não mais de 0,005% do valor padrão.

A célebre imagem da Terra vista do espaço, obtida em 1972 (Fig. 9), reproduz com precisão tudo o que já era sabido sobre a forma da Terra desde Newton. Ou seja, conforme a foto mostra, nosso planeta é praticamente uma esfera.

Finalmente, é importante esclarecer, para fins de comparação, que os objetos de formato globular que conhecemos no nosso cotidiano (bolas, balões etc.) afastam-se proporcionalmente mais de uma esfera, seja por achatamento ou por irregularidades em sua superfície, do que o nosso planeta. Por exemplo, as irregularidades toleradas pela FIFA nas bolas de futebol perfazem até 1% do raio médio da bola.

### Sobre a anacrônica Terra plana

Nesses últimos tempos a internet tem difundido uma “nova” e “revolucionária” concepção sobre a forma da Terra: a Terra Plana. Na verdade, essa concepção está associada com outras ideias em conflito com o conhecimento científico atual. Afirma-se por exemplo que: a gravidade

Desvio do geóide em relação a uma figura idealizada sobre a forma da Terra (diferença entre o geóide EGM96 e o elipsoide de referência WGS84)

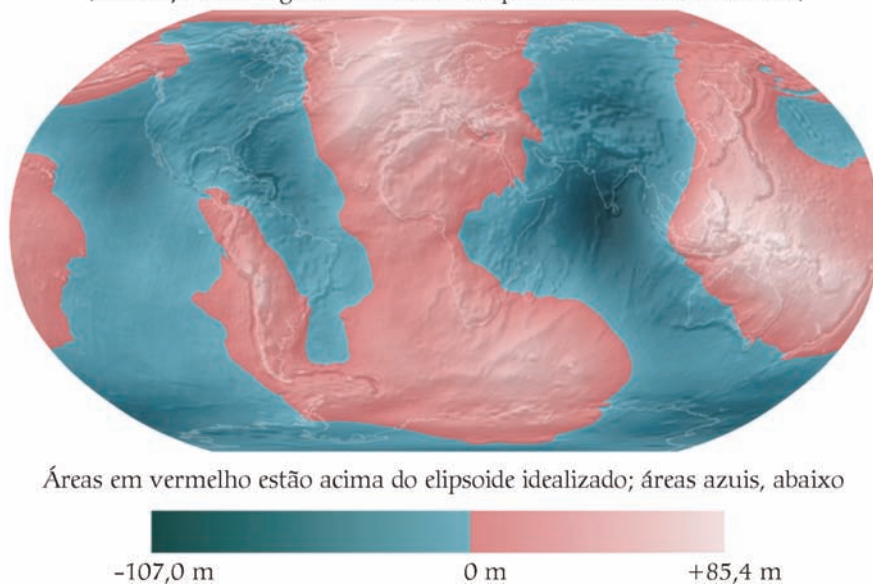


Figura 7: Diferença entre o geóide e o elipsoide de referência. Autoria de <http://en.wikipedia.org/wiki/User:Citynoise> - [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Geoid\\_height\\_red\\_blue.png](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Geoid_height_red_blue.png), CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17487818> (acessado em 19/03/2017).

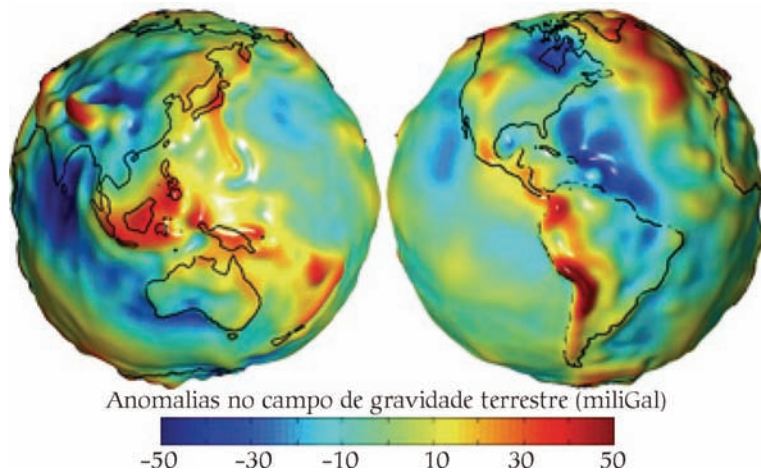


Figura 8: Representação das anomalias gravitacionais detectadas pela missão GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) da NASA. Domínio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=479365> (acessado em 10/03/2017).

inexiste, a Lua é auto iluminada, o Sol e os demais astros não se encontram a mais de alguns milhares de quilômetros de nós, o Sol e a Lua descrevem órbitas paralelas à superfície da Terra, as viagens espaciais são impossíveis. Nega-se a ida do homem à Lua e a existência de satélites artificiais. Afirma-se o geocentrismo antropocêntrico e o criacionismo fixista dos 6 mil anos (tudo teria sido criado como é hoje há cerca de 6 mil anos).

A ressurreição - já no século XIX - da anacrônica concepção da Terra Plana, concepção esta que vigia em épocas remotas nas sociedades pré-científicas (na China ela vigorou até o século XVII), é devida a Samuel Rowbotham (1816-1885). Em seu livro de 1865, escrito sob o pseudôni-

mo de Parallax, intitulado *Astronomia Zetética: A Terra não é um Globo!* [10], ele desenvolve a concepção da Terra Plana, apresentando pretensos resultados experimentais que a comprovam. O vínculo dessas ideias com um tipo de fundamentalismo religioso cristão está evidente na Fig. 10, uma representação de 1897 do terraplanista Orlando Ferguson. Na parte inferior da figura há um texto cujo título é "Escrituras condenam a teoria do globo", seguida de diversas citações bíblicas.

### Antigas evidências sobre a esfericidade da Terra

Entre as evidências sobre a esfericidade da Terra, já referidas por Aristóteles na Grécia Antiga, encontra-se a sombra



Figura 9: Autoria da equipe técnica da NASA/Apollo 17; tomada por Harrison Schmitt ou Ron Evans. Domínio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=43894484>.

curva da Terra na superfície lunar durante um eclipse lunar e o fato de que o aspecto do céu se modifica conforme o observador se encontra em diferentes latitudes: estrelas diferentes podem ser observadas em latitudes diversas. A determinação por Posidônio da circunferência da Terra (já mencionada neste artigo) baseou-se em que na ilha de Rodas, no mar Egeu, a estrela Canopus pode ser vista somente muito próxima ao horizonte (ela não é visível mais ao norte na Grécia), enquanto que ao sul (por exemplo, em Alexandria) a sua elevação máxima no céu é maior. No hemisfério sul é bem conhecida a constelação do Cruzeiro do Sul, invisível para habitantes do hemisfério norte em latitudes superiores a  $+25^\circ$ . Já a estrela Polar, usada no hemisfério norte para orientação (função que aqui pode ser desempenhada pelo Cruzeiro do Sul) não é visível para nós. Como justificar a mudança dos céus conforme muda a latitude em um modelo de Terra plana?

A posição do Sol ao meio dia está relacionada diretamente à latitude, fato este usado por Eratóstenes em sua determinação da circunferência da Terra. A concepção terraplanista de que o Sol se move sempre sobre a face da Terra Plana implica em que não deveria existir noite, já que o Sol permaneceria sempre acima do horizonte (vide Fig. 10).

Outra evidência notável sobre a esfericidade da Terra, apresentada também por Aristóteles, diz respeito ao fato de navios afastados de um observador no oceano apresentarem-se como "afundados", parcialmente encobertos pelo horizonte.

Um navio afastado o suficiente de um observador pode estar além do horizonte visual desse observador. Se tal acontecer, parte do navio encontra-se abaixo da linha do horizonte do observador e a extensão dessa parcela oculta depende do afastamento do navio para trás do horizonte, podendo até ser completamente oculto abaixo do horizonte.

Admitindo-se que não haja relevo na superfície da Terra até o horizonte e que a luz se propaga em linha reta, desprezando-se portanto possíveis efeitos de refração da luz, pode-se estimar a distância a que o horizonte é percebido por um observador. A Fig. 11 indica que a distância  $D$  ao horizonte depende da altura  $H$  da visada e do raio  $R$  da Terra.

É importante destacar que a refração da luz, quando o ar se encontra aquecido em relação às águas de oceanos, mares, lagos e canais pode determinar que objetos normalmente invisíveis devido à curvatura da Terra sejam percebidos, levando à



Figura 10: O mapa da Terra Plana na versão anacrônica e fundamentalista religiosa de 1897. Autoria de Orlando Ferguson. The History Blog, atualmente Library of Congress 2011594831, G3201.A67 1893 .F4, Domínio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15853213>.

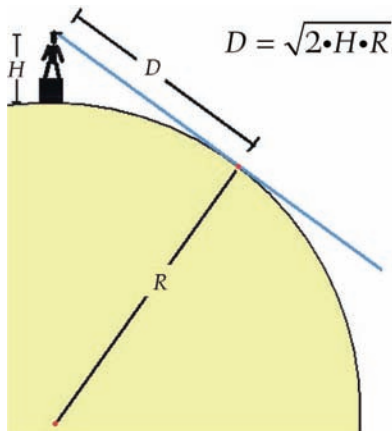


Figura 11: A distância ao horizonte ( $D$ ) depende da altura da visada ( $H$ ) e do raio da Terra.

interpretação errônea de que a curvatura seja inexistente ou até que a superfície da Terra seja côncava ao invés de convexa. No caso de o ar ser mais frio do que as águas, objetos normalmente visíveis podem se tornar invisíveis, também induzindo a erro de que a curvatura da Terra seja mais acentuada do que realmente é [11].

É simples imaginar que um objeto atrás do horizonte terá uma parte menor ou maior encoberta, podendo estar completamente oculto para um dado observador. A distância ao horizonte é facilmente estimável. Como o raio da Terra é aproximadamente 6370 km ( $R = 6,37 \times 10^6$  m), obtém-se que a distância ao horizonte, quando a visada se encontra a dois

metros ( $H = 2,0$  m) do solo, é  $5,04 \times 10^3$  m ou 5 km aproximadamente. Para um observador no topo de uma torre com 20 m de altura, o horizonte encontra-se a 16 km de distância.

O professor Rubem Erichsen (IF-UFRGS), estando à beira-mar em Torres, litoral do RS, observou um navio “afundado”, isto é, um navio passando atrás do horizonte. Com um binóculo, improvisou um sistema óptico para que sua câmara digital registrasse a passagem da embarcação. A foto por ele captada é apresentada na Fig. 12 à esquerda, percebendo-se apenas a parte alta do navio, com o restante oculto atrás do horizonte. O autor do presente artigo conseguiu uma imagem completa do navio na internet e, editando a foto, adicionou-a à direita.

Na imagem da Fig. 12, uma fração



Figura 12: Navio passando atrás do horizonte de um observador na praia de Torres (RS) e a imagem do navio colada sobre a fotografia original.

de cerca de dois terços do navio não é observável. Como a visada do professor Rubem era elevada, alguns andares acima do nível do mar (cerca de 20 m acima da praia), estima-se que o navio passava distante algumas dezenas de quilômetros, sendo pois completamente invisível para um observador no nível da praia. Uma visada da altura de 20 m sobre o nível do mar coloca o horizonte a 16 km de distância do observador, de acordo com a equação apresentada na Fig. 11.

Um excelente calculador sobre a curvatura da Terra está disponível no *Earth Curve Calculator*.

A esfericidade da Terra implica que quanto mais alto é o ponto de observação, tanto mais distante se encontra o horizonte (tal decorre da equação apresentada na Fig. 11). Se a Terra fosse plana, as observações ao nível do mar ou elevadas sobre ele permitiriam avistar objetos distantes da mesma forma. Os antigos navios, por exemplo as caravelas, se valiam de marujos (os gageiros) situados bem acima do tombadilho da nau – encarapitados na cesta da gávea no topo dos mastros – para a observação, mesmo com mar calmo, do que não se percebia em níveis inferiores. O escritor luso Almeida Garrett (1799–1854), no seu famoso poema *Nau Catrineta*, bem expressa a ansiedade do capitão exortando o marujo a subir mais alto para enxergar mais longe:

*Acima, acima, gageiro, Acima  
ao tope real! Olha se enxergas  
Espanha, Areias de Portugal!  
Alvíssaras, capitão, Meu capi-  
tão general! Já vejo terras de  
Espanha, Areias de Portugal!*

Na beira do mar, caso exista alguma elevação, é fácil verificar que o horizonte se afasta à medida que o observador sobe. À beira-mar em Tramandaí (RS) foram obtidas as fotos da Fig. 13. A foto superior foi tirada na praia junto ao mar, a cerca de 1 m acima do nível da água. O

horizonte então situa-se a aproximadamente 3 km da costa, de acordo com a equação apresentada na Fig. 11. Nota-se que a linha do horizonte é praticamente coincidente com a linha da água no casco do petroleiro.

A foto inferior na Fig. 13 foi feita do topo de uma duna próxima ao mar, cerca de 5 m acima do nível do mar. O horizonte recuou agora para cerca de 8 km da câmara fotográfica, percebendo-se nessa segunda foto que o mesmo navio se encontra antes do horizonte.

### As observações da Lua em diferentes partes do planeta evidenciam a esfericidade da Terra

A aparência da Lua em um particular momento do seu ciclo de 29,5 dias é diferente em diferentes regiões da Terra. Um excelente sítio sobre a Lua é o MoonConnection.com e lá se pode ver dia a dia, ao longo de um mês de livre escolha do usuário, a aparência aproximada da Lua no hemisfério de interesse. A troca de um hemisfério para outro produz diferentes imagens da Lua, caracterizando assim que a aparência ou fase de nosso satélite depende da posição do observador na Terra.

Observadores da Lua, em locais diferentes do planeta no mesmo dia (ou até no mesmo momento), constatarão que a aparência da Lua é diferente no sistema de referência de cada um deles. Tal acontece como consequência de a vertical mudar com a latitude e a longitude do observador na Terra.

A Fig. 14 apresenta a Lua crescente de agosto de 2016 fotografada pelo professor Adriano Barcellos (IFSUL) em Torres no RS e por seu amigo Daniel Varella Salvador em Roma, na Itália. Conforme a expectativa baseada na esfericidade da Terra e consequente rotação da vertical de um local para o outro (as duas cidades diferem tanto em latitude como em longitude em cerca de  $70^\circ$ ), o crescente nos dois locais se apresenta com diferença de aproximadamente  $90^\circ$ .

Um caso muito interessante, documentado amplamente na internet com vídeos realizados em variados locais da Terra, é o da Lua cheia.

Em 11 de fevereiro de 2017, possivelmente motivados por um eclipse lunar penumbral, diversas pessoas postaram vídeos da Lua cheia realizados em distintas partes do globo. Como é bem sabido, o nascente da Lua cheia ocorre próximo ao final do dia (em torno das 6 h da tarde) e ela permanece visível até momentos próximos do nascente solar, cerca de doze horas depois. Em localidades (quase)



Figura 13: O horizonte afasta-se do observador quando a altura da visada aumenta.

diametralmente opostas no globo é possível a observação da Lua cheia (quase) simultaneamente apenas nessa fase lunar. As observações (quase) simultâneas podem então se dar ao entardecer em uma localidade e na outra ao amanhecer, já que os fusos horários em ambas diferem em meio dia e Lua está baixa no céu nesses

momentos.

A Fig. 15 representa dois antípodas, o Tanaka e o João, observando simultaneamente um objeto celeste que, para fins de entendimento, apresenta um sistema de eixos ortogonais (em azul e em vermelho). O Tanaka e o João encontram-se de costas nesta representação; portanto,



Figura 14: Lua crescente em agosto de 2016 em Roma (Itália) e Torres (RS).

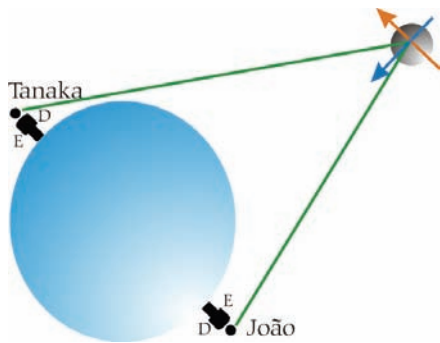


Figura 15: Quando os antípodas observam o mesmo objeto celeste, as imagens percebidas diferem por uma rotação de 180°.

transita-se de um dos antípodas para o outro mediante uma rotação de 180°. O eixo vermelho no objeto celeste tem a orientação da vertical para cima para o Tanaka e a orientação da vertical para baixo para o João. Já o eixo azul aponta da direita (D) para a esquerda (E) do Tanaka e da esquerda para a direita do João. Portanto se os dois observam o mesmo objeto celeste, eles o enxergarão de maneira diversa, isto é, com uma rotação de 180° de um para o outro.

A Fig. 16 apresenta duas imagens retiradas de vídeos do Youtube, mostrando a Lua cheia de 11 de fevereiro no Rio de Janeiro e no Japão, portanto em localidades quase diametralmente opostas. As setas igualmente coloridas indicam estruturas idênticas na face do satélite. Percebe-se que as duas imagens diferem por uma rotação de cerca de 180°.

A observação da Lua em outras fases não é possível de ser realizada simultaneamente em regiões antípodas. Entretanto, na Terra Plana a Lua deveria estar visível de todos os locais da superfície terrestre simultaneamente em qualquer momento, pois a Lua (e o Sol) descrevem órbitas

paralelas à superfície.

### As atuais tecnologias de telecomunicações evidenciam a esfericidade da Terra

A curvatura da Terra é levada em conta nas modernas tecnologias de telecomunicações por ondas eletromagnéticas. O alcance das transmissões usando a faixa de FM está limitado ao horizonte geométrico da antena emissora, justificando-se assim que quanto mais alto estiver o transmissor, maior será a abrangência da emissora [12].

As onipresentes telecomunicações por micro-ondas também possuem alcance limitado - mesmo em terreno horizontal plano - pelo horizonte geométrico (ou um pouco mais, cerca de 30% a mais, graças aos efeitos de refração). É usual no nosso cotidiano a existência de torres de transmissão e recepção de micro-ondas, com antenas em níveis diversos, apontando em variadas direções, a fim de captar e enviar ondas eletromagnéticas para outras torres e equipamentos, caracterizando a chamada transmissão ponto-a-ponto.

Todas as telecomunicações via satélite obviamente consideram a curvatura da Terra. Atualmente existem mais de dois mil satélites de telecomunicações em variadas órbitas, desde as órbitas baixas (entre 160 km e 2000 km de altitude) até as órbitas mais distantes como as geoestacionárias (a cerca de 36 mil km de altitude ou 42 mil km do centro da Terra).

A tecnologia envolvida no sistema GPS (Sistema de Posicionamento Global) somente funciona em uma Terra esférica e é dependente de satélites em órbitas múltiplas a cerca de 20 mil km de altitude. Os períodos orbitais desses satélites são diferentes do período de rotação da Terra e também suas órbitas estão contidas em planos variados, determinando que eles

se movam em relação a um sistema de referência fixo no globo terrestre.

As antenas parabólicas receptoras de sinais via satélites geoestacionários ou geossíncronos, existentes mundo afora e percebidas no nosso cotidiano, atestam indubitavelmente que a Terra é esférica, conforme se exemplifica a seguir.

Existem algumas centenas de satélites geossíncronos distribuídos em um cinturão no plano equatorial da Terra, distante cerca de 36 mil quilômetros da superfície do planeta, estacionados em longitudes específicas, isto é, sobre os meridianos terrestres. De acordo com a lista disponível na Wikipedia, eles são identificados por meio de um código que começa com a longitude na qual se encontram. A captação dos sinais eletromagnéticos no receptor LNB (Low Noise Block) de uma determinada antena parabólica é possível se a antena for orientada de modo conveniente. A orientação da antena depende de sua localização na superfície da Terra, identificada pela latitude e pela longitude, e do posicionamento do satélite transmissor dos sinais de interesse.

Em um lugar específico do planeta usualmente é possível chegarem sinais eletromagnéticos de diversos satélites; a antena terá uma orientação adequada a fim de que o receptor LNB, na ponta da antena, capte exclusivamente os sinais de um satélite específico. A direção da qual chegam as ondas eletromagnéticas de um satélite em especial pode ser conhecida utilizando-se o "Satellite Finder / Dish Alignment Calculator with Google Maps" ("Buscador de satélites / Calculador do Alinhamento de Antena com Google Maps"), disponível no Dishpointer.com.

Esse interessante "Buscador" possui uma lista com centenas de satélites e pode ser usado em todo o globo. Ao selecionar a localidade da antena e o satélite de interesse, o "Buscador" fornece em um mapa do Google a direção da qual é proveniente a radiação eletromagnética, além de outras informações, inclusive identificando obstáculos nas proximidades do local. A direção é definida por um azimute (ângulo com o eixo norte-sul) e por uma elevação (ângulo com a horizontal). Como qualquer satélite está estacionado no plano equatorial sobre um determinado meridiano terrestre, os diferentes satélites acessíveis em um local específico do planeta encontram-se necessariamente ao norte (sul) no hemisfério sul (norte), alguns no quadrante nordeste (sudeste) e outros no quadrante noroeste (sudoeste). A veracidade das orientações contidas no "Buscador" é atestada pelos técnicos responsáveis pela instalação adequada das

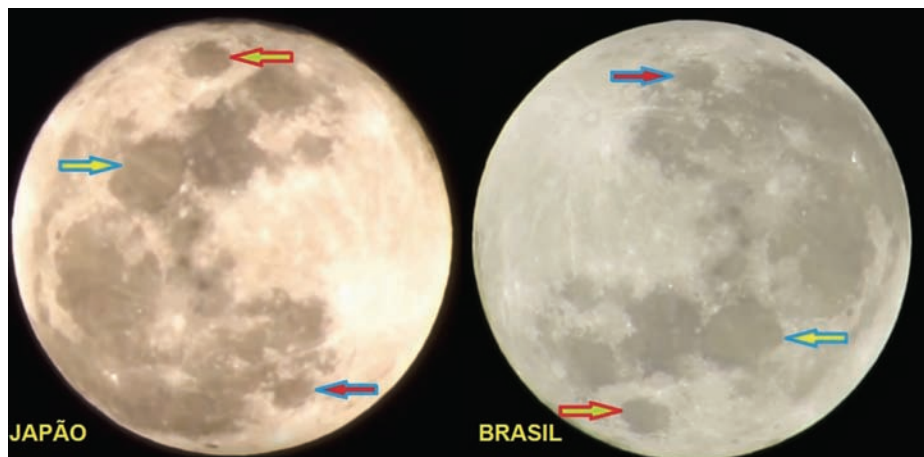


Figura 16: Imagens da Lua cheia de 11 de fevereiro de 2017 no Japão e no Brasil.



antenas pelo mundo afora.

Buscamos o satélite 55.5W INTELSAT 34 em Porto Alegre (a cidade tem latitude de  $-30^\circ$  e longitude de  $-51^\circ$  ou  $51^\circ$  W). Esse satélite situa-se próximo ao meridiano de Porto Alegre, já que sua longitude é  $-55,5^\circ$ . Encontramo-lo quase ao norte, no azimute de  $351,5^\circ$ , portanto a  $8,5^\circ$  com o norte, no quadrante noroeste, elevado  $54,7^\circ$  com a horizontal, a uma distância de 36.803 km da capital gaúcha. Buscando o mesmo satélite na mesma longitude de Porto Alegre mas no hemisfério norte, em latitude de  $+30^\circ$ , encontramos-lo quase ao sul dessa posição (azimute de  $188,5^\circ$  portanto  $8,5^\circ$  com o sul, no quadrante sudoeste), elevado  $54,7^\circ$  com a horizontal, a uma distância de 36.803 km do local escolhido, que resultou estar acima do Oceano Atlântico Norte.

Considerando agora o satélite 70W STAR ONE, nós o buscamos em três posições na Terra, localizadas no meridia-

no de  $-70^\circ$  ou  $70^\circ$  W. A primeira é Milare, na Venezuela (latitude de  $+11,4^\circ$ ), a segunda situa-se exatamente sobre o Equador (dentro da Floresta Amazônica) e a terceira na localidade de Perito Moreno na Argentina (latitude de  $-46,6^\circ$ ). Verificamos consistentemente que o satélite situa-se ao sul de Milare com elevação de  $76,6^\circ$ , sobre o equador e ao norte de Perito Moreno, com elevação de  $36,4^\circ$ . A Fig. 17 representa em escala as posições das três localidades na superfície do globo terrestre e as elevações do satélite.

Conforme já destacamos anteriormente, a veracidade das informações sobre as orientações das antenas em todo o mundo é atestada pelos instaladores das mesmas, ou seja, a práxis corrobora indubitavelmente esse conhecimento. Os mapas do Google sabidamente funcionam muito bem em incontáveis aplicações práticas, e por estarem teoricamente vinculados à geometria do geóide, outra vez

avaliavam inquestionavelmente tal conhecimento.

Com auxílio do Google Earth, obtivemos as distâncias a que Milare e Perito Moreno se situam da linha do equador, sendo respectivamente 1253 km e 5162 km. Dessa maneira é possível traçar em escala (Fig. 18) as linhas de orientação da radiação eletromagnética oriundas da mesma fonte (o satélite 70 W STAR ONE) em um diagrama consistente com a anacrônica Terra Plana. Vemos na figura que as três linhas verdes não mais se interceptam em um único ponto; as intersecções sobre o equador da Terra Plana encontram-se a 3.806 km e a 5.260 km, atestando dessa maneira o absurdo que um modelo de Terra Plana acarreta.

O terraplanismo é uma concepção em conflito com todo o conhecimento acumulado e aperfeiçoado sobre nosso planeta desde a Antiguidade. Alguém que conheça minimamente a história e as rea-

## Apêndice

O apêndice apresenta algumas referências na internet relacionadas ao tema da forma da Terra e da concepção da Terra plana. Todos os endereços foram acessados em 18/09/2017

### **A.1 - Postagens no sítio pergunte ao cref sobre a forma da Terra**

Como sabemos que a Terra é achatada? - <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=92>

Achatamento da Terra segundo a Mecânica Cartesiana e a Mecânica Newtoniana - <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=452>

Diferença na aceleração da gravidade do polo para o equador - <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=819>

O formato da Terra - <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=828>

Teste sobre a forma da Terra! - <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=1489>

Achatamento polar da Terra e centrifugação dos oceanos para o equador - <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=2569>

### **A.2 - Postagens no pergunte ao CREF sobre a Terra Plana**

Refutando a Terra Plana - <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=1441>

Satélites de telecomunicações não existem, afirmou um aloprado terra-chato! - <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=1788>

As atuais tecnologias de telecomunicações evidenciam a esfericidade da Terra - <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=1874>

A divergência da luz crepuscular prova que o Sol da Terra Plana está logo ali! Será mesmo? - <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=1883>

Duas terraplanistas demonstram em um vídeo que a Terra NÃO é plana! - <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=1894>

Antártica na Terra Plana: muralha de gelo e domo? - <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=1902>

Sobre o pêndulo de Foucault: resposta a um terraplanista - <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=1956>

Uma explicação qualitativa da razão de ciclones e anticiclones girarem em sentidos opostos (resposta a um terraplanista) - <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=1969>

Heliocentrismo versus Terra Plana - <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=1983>

Refração da luz na atmosfera: o horizonte geométrico e o horizonte visual - <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=2001>

Como se explica que a sombra da Lua no eclipse solar anda de oeste para leste? - <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=2360>

Para onde apontam as antenas parabólicas que recebem sinais de televisão? - <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=2555>

Domo na Antártica é real e há diversos! - <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=2562>

Horizonte no nível dos olhos em qualquer altitude porque a Terra é plana! Será mesmo? - <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=2567>

Distância ao Sol na mítica Terra Plana: a razão de as diversas estimativas serem conflitantes! - <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=2572>

### **A.3 - Programa na rádio da UFRGS sobre a Terra Plana**

Mas a Terra ... não é redonda? - <http://frontciencia.me/2pu5isO>

### **A.4 - Excelente artigo sobre a Terra Plana**

Flat Earth - <https://www.lhup.edu/~dsimanek/flat/flaart.htm>

### **A.5 - Um bom apanhado sobre a Terra Plana em português**

Teoria da Terra plana ganha força na internet - Outra conspiração? - <http://www.curtoecurioso.com/2016/01/teoria-da-terra-plana-contrateoria-da-terra-esferica.html>

### **A.6 - Coleção de vídeos "provando que a Terra não é plana"**

Proving the Earth is not Flat - Part 1 - The Horizon - <https://www.youtube.com/watch?v=W9ksbh88OJs>

Proving the Earth is not Flat - Part 2 - The Stars - <https://www.youtube.com/watch?v=NGZEXkSX9wI>

Proving the Earth is not Flat - Part 3 - The Moon - <https://www.youtube.com/watch?v=FTBaOmJEqg0>

Proving the Earth is not Flat - Part 4 - Easy Experiments - [https://www.youtube.com/watch?v=VFU1A88N\\_6I](https://www.youtube.com/watch?v=VFU1A88N_6I)

### **A.7 - Vídeo com a palestra "sobre a forma da Terra"**

Oficina de Astronomia 415 na UNISINOS - <https://youtu.be/SahYXf1L9HMCa>

VII Encontro Estadual de Ensino de Física - RS: <https://www.youtube.com/watch?v=trMt7qNiGk&feature=youtu.be>

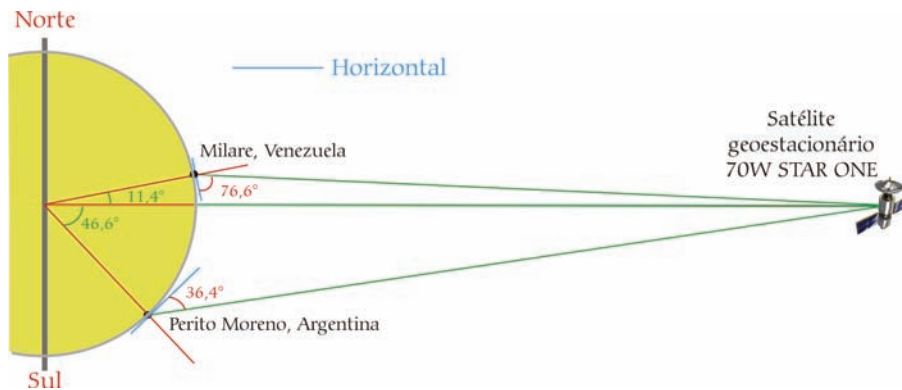


Figura 17: Satélite 70W STAR ONE e três localidades sobre o meridiano  $-70^\circ$  em latitudes diversas.

lizações teórico-práticas sobre a forma da Terra, somente em um exercício de forte dissociação cognitiva aderiria à esdrúxula Terra Plana; o fundamentalismo religioso pode patrocinar tal desconexão com a realidade. Aliás, esse exercício de dissociação cognitiva está sendo realizado em vídeos da internet quando, com pretensas medidas, os autores tentam apoiar o terraplanismo usando os mapas do Google ou o Google Earth em algumas de suas mensurações. É bem sabido que tais mapas, bem como as medidas sobre eles realizadas somente estão corretas se a Terra não for plana!

### Conclusão

O tema relativo à forma da Terra parece ter grande interesse atual e ele ganha um novo atrativo devido à proliferação da anacrônica e esdrúxula concepção da Terra Plana, amplamente divulgada na internet. Professores de física são questionados por seus alunos sobre essa concepção. Cientistas e divulgadores científicos, a exemplo de Neil deGrasse Tyson, Michael Shermer e Richard Dawkins, já se manifestaram sobre a forma da Terra, combatendo o terraplanismo.

Este artigo, endereçado principal-

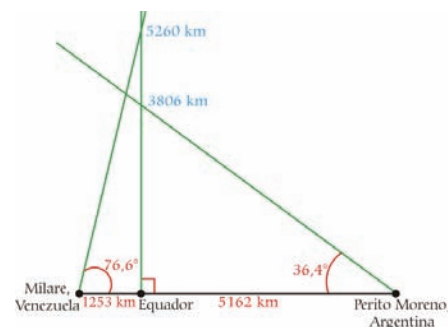


Figura 18: Para onde se orientam as antenas na Terra Plana?

mente aos professores de física, pretende dar uma contribuição ao tema da forma da Terra, mostrando que esse conhecimento é uma construção científica com uma trajetória de 25 séculos de realizações teóricas e experimentais, além estar incorporado na práxis de diversas tecnologias em nossa sociedade. No Apêndice são indicados diversos endereços da internet onde o assunto é abordado.

### Agradecimento

Ao professor Rolando Axt (IF-UFRGS) pelas sugestões que permitiram aperfeiçoar o artigo. Ao árbitro da FnE agradeço a leitura atenta e as indicações para o aperfeiçoamento do artigo.

### Referências

- [1] Centro de Referência para o Ensino de Física. *Como Eratóstenes mediu  $7^\circ$  entre Assuã e Alexandria para achar a circunferência da Terra?*, disponível em <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=1016>, acesso em 10/03/2017.
- [2] S.O. Kepler e M.F. Saraiva, *Astronomia e Astrofísica* (Ed. Livraria da Física, São Paulo, 2014), disponível em <http://astro.if.ufrgs.br/livro.pdf>, acesso em 10/03/2017.
- [3] J.P. Verdet, *Uma História da Astronomia* (Ed. Zahar, Rio de Janeiro, 1991).
- [4] F.L. Silveira, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **19**, número especial, 28 (2002).
- [5] J. Bronowski e B.J. Mazlish *A Tradição Intelectual do Ocidente* (Edições 70, Lisboa, 1983).
- [6] P. Casini, *Newton e a Consciência Européia* (Ed. UNESP, São Paulo, 1995).
- [7] C.M. La Condamine, *Viagem na América Meridional Descendo o Rio Amazonas* (Ed. Senado Federal, Brasília, 2000), disponível em [http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetailheObraForm.do?select\\_action&co\\_obra=19329](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetailheObraForm.do?select_action&co_obra=19329), acesso em 16/03/2017.
- [8] D.D. McCarthy and G. Petit (orgs) *IERS Conventions (2003)* (Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt, 2004), disponível em [https://www.iers.org/SharedDocs/Publicationen/EN/IERS/Publications/tn/TechnNote32/tn32.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.iers.org/SharedDocs/Publicationen/EN/IERS/Publications/tn/TechnNote32/tn32.pdf?__blob=publicationFile&v=1), acesso em 18/03/2017.
- [9] GRACE - Gravity anomaly maps and the geoid - <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/GRACE/page3.php>, acesso em 19/03/2017.
- [10] S. Rowbotham, *Zetetic Astronomy - Earth not a Globe!* (Simpkin and Marshall, London, 1865), disponível em [http://www.theflatearthsociety.org/library/books/Earth%20Not%20a%20Globe%20\(Samuel%20Rowbotham\).pdf](http://www.theflatearthsociety.org/library/books/Earth%20Not%20a%20Globe%20(Samuel%20Rowbotham).pdf), acesso em 19/03/2017.
- [11] M. Minaert, *The Nature of Light and Colour in the Open Air* (Dover, New York, 1954).
- [12] J.F. Rider and S.D. Uslan, *FM Transmission and Reception* (J.F. Rider Inc., New York, 1950), disponível em <https://ia800203.us.archive.org/10/items/FmTransmissionAndReception/RiderUslan1950FmTransmissionReception.pdf>, acesso em 12/04/2017.

### Referências de Internet

- Dishpointer, <http://www.dishpointer.com/> (acessado em 13/04/2017).  
 Earth Curve Calculator <https://dizzib.github.io/earth/curve-calc/?d0=10&h0=1.8&unit=metric> (acessado em 20/03/2017).  
 MoonConnection.com, [http://www.moonconnection.com/moon\\_phases\\_calendar.phtml](http://www.moonconnection.com/moon_phases_calendar.phtml) (acessado em 11/05/2017).  
 Wikipedia, [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_satellites\\_in\\_geosynchronous\\_orbit](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_satellites_in_geosynchronous_orbit) (acessado em 12/04/2017).

### Notas

- <sup>1</sup><http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=indice>, acesso em 10/03/2017.  
<sup>2</sup><http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=1489>, acesso em 10/03/2017.  
<sup>3</sup>A toesa é uma antiga medida de comprimento anterior à Revolução Francesa que equivale a 1,949 m (<https://en.wikipedia.org/wiki/Toise>, acesso em 03/07/2017).

## Referências

- [1] Centro de Referência para o Ensino de Física. *Como Eratóstenes mediu 7° entre Assuã e Alexandria para achar a circunferência da Terra?*, disponível em <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=1016>, acesso em 10/03/2017.
- [2] S.O. Kepler e M.F. Saraiva, *Astronomia e Astrofísica* (Ed. Livraria da Física, São Paulo, 2014), disponível em <http://astro.if.ufrgs.br/livro.pdf>, acesso em 10/03/2017.
- [3] J.P. Verdet, *Uma História da Astronomia* (Ed. Zahar, Rio de Janeiro, 1991).
- [4] F.L. Silveira, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **19**, número especial, 28 (2002).
- [5] J. Bronowski e B.J. Mazlish *A Tradição Intelectual do Ocidente* (Edições 70, Lisboa, 1983).
- [6] P. Casini, *Newton e a Consciência Européia* (Ed. UNESP, São Paulo, 1995).
- [7] C.M. La Condamine, *Viagem na América Meridional Descendo o Rio Amazonas* (Ed. Senado Federal, Brasília, 2000), disponível em [http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select\\_action&co\\_obra=19329](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action&co_obra=19329), acesso em 16/03/2017.
- [8] D.D. McCarthy and G. Petit (orgs) *IERS Conventions (2003)* (Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt, 2004), disponível em [https://www.iers.org/SharedDocs/Publikationen/EN/IERS/Publications/tn/TechnNote32/tn32.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.iers.org/SharedDocs/Publikationen/EN/IERS/Publications/tn/TechnNote32/tn32.pdf?__blob=publicationFile&v=1), acesso em 18/03/2017.
- [9] GRACE - Gravity anomaly maps and the geoid - <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/GRACE/page3.php>, acesso em 19/03/2017.
- [10] S. Rowbotham, *Zetetic Astronomy - Earth not a Globe!* (Simpkin and Marshall, London, 1865), disponível em [http://www.theflatearthsociety.org/library/books/Earth%20Not%20a%20Globe%20\(Samuel%20Rowbotham\).pdf](http://www.theflatearthsociety.org/library/books/Earth%20Not%20a%20Globe%20(Samuel%20Rowbotham).pdf), acesso em 19/03/2017.
- [11] M. Minaert, *The Nature of Light and Colour in the Open Air* (Dover, New York, 1954).
- [12] J.F. Rider and S.D. Uslan, *FM Transmission and Reception* (J.F. Rider Inc., New York, 1950), disponível em <https://ia800203.us.archive.org/10/items/FmTransmissionAndReception/RiderUslan1950FmTransmissionReception.pdf>, acesso em 12/04/2017.

## Referências de Internet

- Dishpointer, <http://www.dishpointer.com/> (acessado em 13/04/2017).
- Earth Curve Calculator <https://dizzib.github.io/earth/curve-calc/?d0=10&h0=1.8&unit=metric> (acessado em 20/03/2017).
- MoonConnection.com, [http://www.moonconnection.com/moon\\_phases\\_calendar.phtml](http://www.moonconnection.com/moon_phases_calendar.phtml) (acessado em 11/05/2017).
- Wikipedia, [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_satellites\\_in\\_geosynchronous\\_orbit](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_satellites_in_geosynchronous_orbit) (acessado em 12/04/2017).

## Notas

- <sup>1</sup><http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=indice>, acesso em 10/03/2017.
- <sup>2</sup><http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=1489>, acesso em 10/03/2017.
- <sup>3</sup>A toesa é uma antiga medida de comprimento anterior à Revolução Francesa que equivale a 1,949 m (<https://en.wikipedia.org/wiki/Toise>, acessado em 03/07/2017).