

A Ilusão Sobre o Tamanho da Lua no Horizonte

Todos nós vemos a Lua Cheia nascendo muito maior do que quando a olhamos elevada no céu. Em uma sondagem recente conversamos brevemente com cinquenta e dois professores de Física, parte deles recém formados e em início de carreira, outros com muitos anos de docência. As conversas foram em sua maioria por telefone e envolveram tanto professores de Ensino Médio quanto vários colegas de diversas universidades. O diálogo girava sobre as suas opiniões a respeito de uma possível explicação para o fenômeno de a Lua parecer com o seu tamanho ampliado quando é observada

no horizonte. Quase todos responderam inicialmente de forma prudente que não conheciam a explicação para aquele intrigante evento, mas uma vez instigados se eles acreditavam na existência ou não de uma explicação física para o fenômeno, foram unânimes em afirmar que sim. Quarenta e quatro professores apontaram a refração da luz na atmosfera como responsável pelo referido fenômeno, ainda que tenham articulado as suas respostas com base em distintos aprofundamentos. Alguns deles, entre os mais experientes, chegaram a lembrar que a luz percorre um caminho maior quando a vemos no horizonte e que nesta situação a atmosfera se comporta como uma lente. Deixando de lado as pequenas diferenças nas diversas explicações, o que nos pareceu um consenso absoluto entre os entrevistados foi o fato de que para eles o disco lunar, quando observado da super-

fície da Terra, objetivamente diminui de tamanho durante a elevação e que isso merecia uma explicação física. Mesmo com alguns dos colegas afirmando ser o tal fenômeno uma simples *ilusão de óptica*, as suas explicações para ela residiam invariavelmente na refração da luz.

O forte apelo dessa explicação pode ser o motivo pelo qual um físico, quando questionado sobre o tamanho

Aristóteles, em *De coelo*, já atribuía à atmosfera a causa da ampliação do tamanho da Lua no horizonte, embora não falasse ainda no fenômeno da refração da luz. Tal proposta apareceu apenas com Ptolomeu

ampliado da Lua nascente, afirmou há pouco tempo em um programa de televisão que tal se devia à refração da luz na atmosfera, isto é, a um “efeito de lente” que aumentaria o tamanho do disco lu-

nar, assim como uma lupa faz com os objetos observados através dela.

Aristóteles (384–322AC), em sua obra *De coelo*, já atribuía à atmosfera a causa da ampliação do tamanho da Lua no horizonte, embora não falasse ainda no fenômeno da refração da luz. Foi o astrônomo Cláudio Ptolomeu (87–150), estudioso dos fenômenos de refração, o primeiro a ir além de Aristóteles e explicar que a variação aparente do tamanho da Lua se devia à existência de refração da luz na atmosfera. A explicação de Ptolomeu foi fielmente repetida em vários textos medievais e mesmo posteriores.

A quase totalidade dos nossos professores entrevistados desconhece que as dimensões do disco lunar objetivamente quase não variam enquanto a Lua se eleva no céu, permanecendo sempre com o tamanho angular de aproximadamente $0,5^\circ$ e que, portanto,

.....
Fernando Lang da Silveira

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre

e-mail: lang@if.ufrgs.br

.....
Alexandre Medeiros

SCIENCO, PE

e-mail: alexandre@scienco.com.br

Quando olhamos a Lua Cheia próxima do horizonte, avaliamos ilusoriamente que o seu tamanho é muito maior do que quando ela se encontra elevada no céu. Entretanto o diâmetro do disco lunar, ao invés de diminuir, aumenta um pouco durante a ascensão da Lua. A explicação para a ilusão sobre o tamanho da Lua no horizonte nada tem a ver com a refração da luz na atmosfera e é um problema ainda não completamente esclarecido pela psicologia da percepção. Descrevemos aqui uma parte relevante da história e da tentativa de desvendar este mistério.

a diferença de tamanho que observamos de um momento para o outro é uma *ilusão de óptica* que nada tem a ver com possíveis efeitos de refração na atmosfera. Na verdade o esclarecimento dessa *ilusão* é um instigante problema para a psicologia da percepção [1].

Na Idade Média, o estudioso árabe Ibn Al-Haitham (965-1040) – que deu importantes contribuições à óptica e é mais conhecido pelo seu nome latinizado de Alhazen – foi o primeiro a afirmar que as variações no tamanho da Lua que se eleva é uma *ilusão*. Depois, no século XVII, outros cientistas acabaram por confirmar que temos uma *ilusão* ao avaliar a Lua Cheia no horizonte como muito maior do que a mesma Lua elevada.

Que se trata de uma *ilusão visual* podemos facilmente testar interpondo uma pequena moeda entre o nosso olho e a Lua Cheia nascente. Constataremos que a distância da moeda ao nosso olho, quando encobre perfeitamente o disco lunar, não se altera à medida que a Lua se eleva. Desta forma estamos demonstrando que a imagem que temos na retina tem aproximadamente o mesmo tamanho, independentemente da posição da Lua no céu. Uma maneira mais acurada de verificar que o tamanho do disco lunar permanece quase inalterado consiste em fotografar a Lua em momentos distintos nas mesmas condições de amplificação da câmara fotográfica. A Fig. 1 mostra duas dessas fotos obtidas na Lua Cheia de 13 de maio de 2006 em Porto Alegre. A primeira delas ocorreu com a Lua quase no horizonte e a outra algumas horas depois. Como se pode observar, não há mudanças importantes nas dimensões do disco lunar.

Outras formas mais sofisticadas de medir o tamanho do disco lunar confirmam a sua quase invariância ao se elevar. A rigor, e ao contrário do que vemos, a Lua elevada se apresenta um pouco maior do que a Lua nascente ou poente. De fato a Lua nascente ou poente se encontra mais afastada de um observador na Terra do que a Lua elevada no céu. A Fig. 2 representa as distâncias que separam a Lua do observador nos dois momentos.

Na Fig. 2 as dimensões da Terra e da Lua, bem como as distâncias, não

estão representadas em escala. A distância do centro da Terra ao centro da Lua, enquanto a Lua se eleva no céu, permanece quase inalterada e corresponde a cerca de 60 raios terrestres¹. Decorre da representação feita na Fig. 2 que verdadeiramente a Lua em elevação máxima está um pouco mais próxima de nós do que quando a vemos no horizonte. A máxima mudança na distância entre ela e o observador não excede um raio terrestre e, portanto, o diâmetro do disco lunar aumenta em até uma parte em 60 enquanto a Lua sobe no céu². Assim, se levarmos em consideração essa variação na distância concluiremos que, surpreendentemente, o disco lunar é um pouco menor no nascente do que quando a Lua está elevada no céu.

Os “efeitos de lente” atribuídos à atmosfera, isto é, o poder da atmosfera de variar o tamanho angular do disco lunar para quem o observa da superfície da Terra, são muito pequenos, pois o índice de refração do ar em relação ao vácuo difere da unidade apenas no quinto algarismo significativo. Se modelarmos a atmosfera como um dioptra esférico, o raio de curvatura desse dioptra é um pouco maior do que o próprio raio da Terra³. Na verdade, os efeitos de refração no horizonte determinariam um pequeno achatamento do disco lunar e uma mudança na posição aparente da Lua⁴. Desta forma, seja devido ao achatamento por refração, seja porque a Lua está efetivamente mais distante do observador do que quando se encontra elevada, a sua figura possui um tamanho menor no horizonte do que quando está alta no céu. Os experimentos com a moeda e mesmo com a máquina fotográfica não são suficientemente precisos a fim de mostrar que o disco lunar aumenta, ao invés de diminuir de tamanho, durante sua ascensão no céu. Portanto não há dúvida de que a nossa avaliação, intersubjetivamente validada, de que a Lua no horizonte nos parece muito maior do que quando está elevada no céu é uma *ilusão*. Essa *ilusão* não ocorre apenas



Figura 1. Fotografias da Lua próxima ao horizonte e depois quando se encontra elevada no céu.

com a Lua, mas igualmente com o Sol e outros objetos que passam por diferentes elevações no céu.

Encontramos também no árabe Alhazen a primeira tentativa de explicação para a *ilusão sobre o tamanho da Lua* (conforme destacado anteriormente neste texto, ele já havia notado no século X que o tamanho do disco lunar não variava). Alhazen desenvolveu idéias que são ainda hoje relevantes nas mais modernas teorias sobre o assunto. Ele foi o primeiro a descrever a *ilusão sobre o achatamento da abóbada celeste* (discutida mais adiante) e a relação

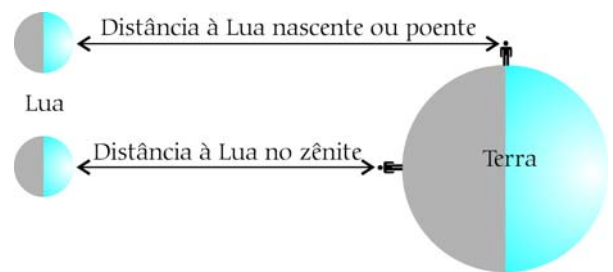


Figura 2. Distâncias entre a Lua e um observador na Terra quando a Lua nasce ou se põe e quando está no zênite.

desta com a *ilusão sobre o tamanho da Lua no horizonte*.

As nossas avaliações sobre as dimensões das coisas percebidas visualmente não dependem apenas do tamanho da imagem que temos na retina. Por exemplo, na Fig. 3, avaliamos o carretel de linha de cima como sendo maior do que o do meio que, por sua vez, nos parece maior do que o de baixo. Verdadeiramente os três carretéis são idênticos, conforme se pode comprovar com auxílio de uma régua. Esta é a conhecida *ilusão de Ponzo*. Nosso cérebro subconscientemente decide que os carretéis estão postados a diferentes distâncias sobre o piso de ladrilhos e conclui que os seus tamanhos são diferentes.

Segundo uma teoria bem aceita, a *ilusão sobre o tamanho da Lua* depende também da *ilusão sobre o achatamento da abóbada celeste* [2]. Para a maior parte das pessoas, a abóbada celeste não parece ser um hemisfério, se apresentando achatada, mais extensa na direção do horizonte do que para cima. Quando temos uma formação de nuvens elevadas, distribuídas sempre à mesma altura do solo, nitidamente percebemos que elas estão mais distantes na direção do horizonte do que para cima, reforçando assim a concepção de que o horizonte se encontra mais afastado do que as partes altas da abóbada.

A conjugação da *ilusão de Ponzo* com a *ilusão sobre o achatamento da abóbada celeste* se constitui em uma explicação plausível para a *ilusão sobre*



Figura 3. A ilusão de Ponzo para os três carretéis de linha.

o tamanho da Lua [3]. A Fig. 4 representa a trajetória real da Lua, praticamente equidistante do observador, enquanto ela transita pelo céu. A trajetória subconscientemente presumida por nós é achatada.

Apesar de sempre termos na retina uma imagem da Lua com o mesmo tamanho, julgamos que ela seja maior quando está mais afastada de nós, isto é, no horizonte. A projeção do disco lunar feita sobre a trajetória presumida nos dá uma idéia do modo como varia a nossa avaliação do tamanho da Lua de um momento para outro. Destaque-se que esta explicação independe das eventuais referências situadas perto do horizonte⁵ (edifícios, montanhas, etc.).

Mesmo sendo esta uma “boa” explicação para a *ilusão sobre o tamanho da Lua*, ela não está isenta de críticas. Verdadeiramente o problema ainda continua em aberto. Sabe-se que a *ilusão* se desvanece quando observamos a Lua através de um tubo. A Lua nascente parece diminuir de tamanho quando,

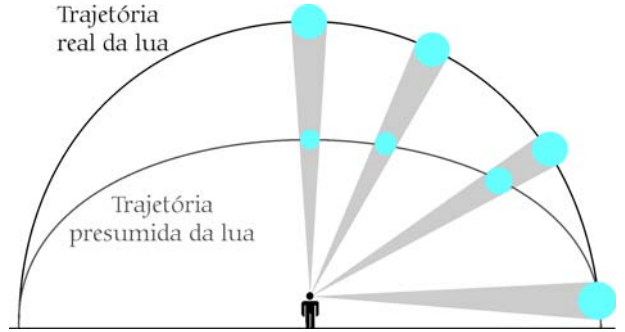


Figura 4 - Trajetórias real e presumida para a Lua.

de costas para ela, curvando-nos a observamos por entre nossas pernas [4].

Finalmente, é digno de nota que a *ilusão* não se desfaz mesmo quando sabemos tratar-se de uma *ilusão*. A beleza do espetáculo da Lua Cheia nascendo, começando enorme e depois parecendo diminuir de tamanho ao ascender no céu, maravilhou mais uma vez o fotógrafo durante a tomada das imagens que ilustram objetivamente na Fig. 1 a invariância do tamanho do disco lunar.

Agradecimento

Agradecemos ao Prof. Rolando Axt pela leitura crítica deste artigo e pelas sugestões apresentadas.

Notas

¹Essa distância varia sensivelmente durante o período em que Lua completa uma revolução em torno da Terra, isto é, em aproximadamente quatro semanas. A distância de perigeu - máxima aproximação do centro da Lua ao centro da Terra - é cerca de 56 raios terrestres e a distância do apogeu - máximo afastamento do centro da Lua ao centro da Terra - é cerca de 64 raios terrestres. Entretanto, durante o intervalo de tempo de algumas horas em que vemos a Lua se elevando no céu, essa distância quase não se modifica.

²A ampliação do diâmetro do disco lunar enquanto a Lua se eleva é imperceptível a menos que sejam efetuadas medidas precisas.

³Vale lembrar que o poder de vergência de um dioptra - isto é, de tornar os raios luminosos paralelos em raios não paralelos - cresce com o aumento do índice de refração do dioptra em relação ao que o cerca e decresce com o aumento do raio de curvatura do dioptra. Assim, a atmosfera, por ter índice de refração quase idêntico à unidade e por ter um grande raio de curvatura, possui um baixíssimo poder de vergência.

⁴A refração da luz na atmosfera, quando ve-

mos a Lua exatamente no horizonte, determina que efetivamente neste momento ela esteja abaixo do horizonte. Assim os raios luminosos que vêm da Lua são todos quase que igualmente desviados por um pequeno ângulo, mudando a posição aparente da Lua no céu sem, no entanto, modificar significativamente o tamanho angular do disco lunar.

⁵Uma outra explicação dada para o problema do tamanho do disco lunar recorre às referências terrestres, afirmando que subconscientemente comparamos as dimensões da Lua no horizonte com o tamanho dos prédios ou acidentes geográficos e que por não termos tais referências quando a Lua está elevada, a avaliamos menor. Essa explicação é refutada quando se verifica a permanência da ilusão mesmo na falta de referências no solo, como se acontecer em alto mar ou em litorais planos.

Bibliografia

- [1] Helen Ross e Cornelius Plug, *The Mystery of The Moon Illusion* (Oxford University Press, Oxford, 2002).
- [2] L. Kaufman e J. Kaufman, *Proceedings of the National Academy of Sciences* **97**, 500 (2000).
- [3] P. Plait, *NightSky* May-June, 56 (2004).
- [4] R.R.F. Mourão, *Scientia* **2**, 23 (1991).