

AS OBSERVAÇÕES ASTRONÔMICAS DE GALILEU (1564-1642) ATRAVÉS DAS LENTES: CONTRIBUIÇÕES PARA A ACEITAÇÃO DO COPERNICANISMO

Maria Amélia Monteiro¹

¹UFGD, Dourados-MS, Brasil (mariamonteiro@ufgd.edu.br)

Resumo: Com o intento de oportunizar/provocar algumas reflexões sobre o papel das lentes na construção das ideias de Galileu no campo da Astronomia, notadamente, nas duas primeiras décadas do século XVII, desenvolvemos um breve estudo de caso histórico sobre os principais feitos do autor, notadamente, a proposição de irregularidades na superfície lunar; a grande distância da localização das estrelas e ainda a identificação de estrelas não percebidas anteriormente; a identificação dos satélites de Júpiter; as fases de Vênus e as manchas na superfície solar. Apesar da brevidade do espaço, esperamos contribuir para reflexões sobre a complexidade das questões relacionadas às elaborações das ideias, bem como para a superação de perspectivas epistemológicas empírico-indutivistas acerca das elaborações de Galileu a partir do uso das lentes, as quais possibilitaram novas interpretações para alguns fenômenos há muito tempo conhecidos. Com isso, ao encontro de uma educação científica menos dogmática e mais autêntica.

Palavras-chave: Observações de Galileu; Copernicanismo; Natureza da Ciência; História Moderna da Astronomia.

INTRODUÇÃO

Uma revisão da literatura evidencia que considerações sobre os feitos significativos de Galileu no campo da Astronomia moderna continuam contemplados em abordagens dos livros didáticos. Inclusive, nos livros didáticos brasileiros que tem sido elaborado para a educação básica (Amaral e Oliveira, 2011).

Analisando várias mensagens dos livros didáticos sobre as observações celestes de Galileu, trazidos pelas pesquisas, percebemos que, atribuem grande realce ao papel desempenhado pelo uso das lentes no instrumento de observação. No entanto, muitas dessas mensagens incorporam simplificações e até distorções históricos-conceituais (Pimentel, 1998).

Apesar da importância das lentes para as constatações inovadoras, não podemos em hipótese alguma desprezar as conjecturas de Galileu diante das imagens celestes, no sentido de ter contribuído originalmente para a consolidação da revolução copernicana, a partir das primeiras décadas do século XVII. Caso contrário, acaba-se conferindo uma perspectiva idealizada da construção das ideias, implicando em visões restritas e incoerentes relacionados a própria natureza da ciência (NdC), além de fortalecerem perspectivas epistemológicas empírico-indutivistas, conforme constataram, a mais de dez anos, Monteiro e Nardi (2015), ao analisarem

as abordagens de 13 livros didáticos de Física, na época utilizados no nível médio de ensino brasileiro. Os autores acrescentaram que não estavam emitindo qualquer juízo sobre os livros como um todo, tampouco sobre o entendimento dos autores. Além porque, certamente, na elaboração desses livros, estiveram submetidos a critérios editoriais, os quais, por questões de espaço gráfico, nem sempre permitem uma abordagem mais detalhada dos temas.

Em nosso entendimento, um estudo de caso histórico contemplando os processos das construções relacionadas às observações de Galileu poderão contribuir para a superação de panoramas restritos sobre a NdC e epistemologicamente equivocado em relação as observações de Galileu, seja na educação formal ou não formal. A partir desse panorama, o nosso propósito é apresentarmos um estudo de caso histórico sobre as observações astronômicas de Galileu com o uso das lentes e algumas implicações dessas, realçando as conjecturas arrojadas empreendidas diante das imagens dos céus.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Com o intento de aclarar a nossa proposição, buscamos situar o que os contornos de um estudo de caso histórico sobre as ciências. Para Stinner et. al., (2003), trata-se do resgate aprofundado de fatos específicos ocorridos em um dado período no desenvolvimento da ciência. O mencionado estudo

poderá evidenciar as várias implicações para tomadas de decisões no contexto da construção da ciência. Complementado, Allchin (2011) sugere que os estudos de casos são bastante profícuos para aproximar os estudantes de questões relacionadas a NdC.

A partir das considerações anteriores, delimitamos o presente estudo nas construções de Galileu com o uso das lentes, no período das duas primeiras décadas do século XVII. Nesse, focamos de maneira mais específica nas constatações sobre a superfície da Lua, na localização das estrelas, na identificação dos satélites de Júpiter e nas fases de Vênus, além da identificação das manchas solares e conjecturas sobre esses.

Para tal construção, consultamos algumas fontes (sempre que possível) e algumas referências secundárias, mas que são de estudiosos sobre a temática, as quais incorporam confiabilidade.

Realçamos que, a extensão conferida as constatações sobre os satélites de Júpiter se deveram por dois fatores: a própria extensão do tema e conferir visibilidade as interpretações de imagens por Galileu e as conjecturas relacionadas.

AS LENTES NA ASTRONOMIA

Em março de 1610, em Veneza, Galileu Galilei (1564-1642) apresentou escritos contendo suas discussões e conjecturas iniciais sobre as observações celestes realizadas através das lentes. Esses escritos inicialmente foram sistematizados na obra intitulada *Sidereus Nuncius* (O Mensageiro Sideral; O Mensageiro das Estrelas). Outras constatações e conjecturas elaboradas a partir das observações através das lentes foram apresentadas em obras posteriores, as quais mencionaremos oportunamente, ao longo do texto.

Existe consenso de que Galileu empreendeu uma abordagem revolucionária a partir de análises hipotético-dedutivas das imagens celestes obtidas através das lentes e algumas replicadas em gravuras, creditando novas significações aos padrões estabelecidos na Astronomia. Desses feitos, encontram-se digressões de ideias que desconstruíram preceitos seculares incorporados à cosmologia aristotélica-tomista geocêntrica, notadamente, a noção de mundo supralunar perfeito e outras interpretações que consequentemente fortaleciam o heliocentrismo copernicano (Kuhn, 1990; Videira, 2009).

O que há de inovador a partir das observações de Galileu com o uso das lentes no telescópio? Discorreremos logo a seguir, não sem antes mencionar que, a propagação foi de tamanha estirpe que, em carta enviada à duquesa Cristina de Lorena, em 1615, Galileu cita tais observações como se

fossem fato conhecido. Reproduzindo aqui suas linhas iniciais, assinalou: “Eu descobri há poucos anos, como bem sabe Vossa Alteza Sereníssima, muitas particularidades no céu, que tinham permanecido invisíveis até esta época. /.../” (Galileu, 2009, p. 49).

Vale ressaltar que, apesar do uso do telescópio por Galileu, a invenção do instrumento é bastante controversa. Galileu nunca requereu esse feito. Há relatos de que o polimento de vidros e a construção de lentes já ocorriam na Idade Média europeia, tendo sido usadas como objetos auxiliares à leitura, a partir de meados do século XIV. A qualidade desses vidros, como também os polimentos das lentes continuaram a serem melhorados. Tanto que, Florença e Veneza tornar-se-iam centros-referência na confecção de vidros e lentes (Leitão, 2010). Mesmo assim, há indícios de que a técnica de fabrico de lentes é bem mais antiga.

Apoiando-se em Vasco Ronchi, Évora (1998) mencionou que, a partir do século X, as lentes eram conhecidas pelos chineses e, a partir do século XI, pelos árabes, mas, não se tem conhecimento que tenham desenvolvido instrumentos de observação à distância partir dessas. Acrescentou que, por volta de 1266, na obra *Opus Majus*, Roger Bacon (1214-1294) reportou-se ao uso das lentes para aumentar pequenos objetos. Assinalou:

“Então podemos dar forma a corpos transparentes e arranjá-los de tal maneira com respeito a nossa vista e objetos de visão, que os raios se inclinarão do modo que nós desejarmos, e sob o ângulo que nós quisermos; nós poderemos ver o objeto perto ou à distância. Assim, a uma distância incrível podemos ler as menores letras [...]. Nós também poderíamos fazer com que o Sol, a Lua e as estrelas, aparentemente, descessem até aqui embaixo” (Bacon, apud Évora, 1998, p. 18).

Leitão (2010) mencionou que Domenico Argentieri (1891-1951), estudioso do tema, teria afirmado que, por volta de 1508, um século antes de Galileu iniciar suas observações com um telescópio, Leonardo da Vinci (1452-1512) já havia articulado pares de lentes, visando observações à distância, antecipando em mais de um século os fabricantes holandeses. Acrescentou que, historiadores ingleses defendem que o telescópio teria sido desenvolvido pelos ingleses Thomas Digges (c. 1546-1595) e William Bourne (c. 1535-1582). Prosseguindo, acrescentou que há consenso entre os historiadores de que, no século XVI, Giovanni Battista Della Porta (1535-1615) discutiu sobre os instrumentos óticos e as observações com eles realizadas, na obra *Magiae naturalis sive miraculos rerum*, publicizada em Nápoles em 1558 e em 1589. Na segunda edição, mais expandida que a anterior e traduzida para vários idiomas, detalhou o arranjo de duas lentes, as quais



aumentavam os tamanhos dos objetos localizados à distância. Acrescenta-se que, em carta enviada a Galileu, em 19 de abril de 1610, Johannes Kepler (1671-1630) mencionou que conhecia o invento de Della Porta. Ou seja, trata-se de um acontecimento que teve repercussão entre astrônomos europeus.

Uma evidência do pioneirismo dos holandeses na construção do telescópio a partir do arranjo de lentes é o fato de que, em setembro de 1608, Hans Lipperhey (c.1570-1619), vidreiro-oculista de origem germânica e estabelecido em Middelburg, ter ido até Haia requerer patente de um instrumento de observação à distância. Em Haia, fez várias demonstrações do instrumento, despertando amplo interesse em pessoas de distintos segmentos, sendo encorajado a reproduzi-lo. Em seguida, Zacarias Zansen (c. 1580 - c. 1632), também de Middelburg, e Jacob Metius (1571-1628) também requereram o pioneirismo do invento do instrumento de observação à distância através das lentes. Leitão (2010) ainda acrescentou que, em 1608, o instrumento era vendido em Frankfurt e vários nobres da Europa já o possuíam.

A partir da adoção do uso do telescópio na Astronomia por Galileu, cujas construções foram desenvolvidas no início do século XVII, abordaremos algumas das suas considerações sobre a topografia lunar, as dimensões das estrelas além da identificação doutras não percebidas anteriormente, os satélites de Júpiter, as fases de Vênus e as manchas solares, posteriormente. Videira (2009) mencionou que, para Vasco Ronchi as descobertas obtidas por Galileu através das lentes foram de tal monta para a Astronomia que, a partir da articulação do novo instrumento de observação, das descobertas celestes decorrentes e as transformações na compreensão dos céus em relação à Terra, o ano de 1610 deverá ser sempre considerado como o *annus mirabilis* (ou ano miraculoso) de Galileu.

A TOPOGRAFIA LUNAR

Pela visibilidade das manchas lunares a olho nu, desde a Antiguidade existiam discussões em torno desse fenômeno, os quais influenciaram pensadores e artistas. No século IV. A. C., Clearco se Soles, por exemplo, defendia que as manchas solares eram consequentes dos reflexos da superfície da Terra. Na Antiguidade grega, Anaxágoras concebia que a topografia lunar seria semelhante à topografia da Terra, sendo as manchas cadeias de montanhas. Em Fédon, Sócrates mencionou que para Heráclides e Platão, a Lua seria outra Terra. Bastante difundida foi a concepção de Avorréis que explicava as distintas tonalidades das manchas lunares como consequentes das diferentes densidades da constituição da Lua, diante da luz solar. Em um diálogo específica, *De facie quae in orbe lunae apparet* (Sobre a face que aparece no disco lunar), no século I da era cristã, o

historiador grego-romano Plutarco (c. 45-120) expôs análises sobre vários aspectos relacionados à Lua, dentre os quais, as manchas escuras como consequentes da possível irregularidade da própria superfície (Leitão, 2010).

As observações sistemáticas realizadas por Galileu sobre a superfície lunar através do telescópio, provavelmente, foram iniciadas a partir de 30 de novembro de 1609, perdurando até 18 de dezembro do mesmo ano. Com isso, observou a Lua em distintas fases. Em julho desse ano, porém, o astrônomo inglês Thomas Harriot (1560-1621) havia apresentado gravuras sobre a superfície lunar, cujas observações haviam sido realizadas através das lentes. No entanto, os propósitos de Harriot eram meramente cartográficos (Leitão, *op. cit.*). Assim, nessa perspectiva de entendimento, o crédito da descoberta está vinculado a intencionalidade.

Para explicar a superfície lunar, Galileu (2010) elaborou cinco gravuras, através das quais percorreu com uma descrição visual ancorada em um pensamento hipotético-dedutivo. Inicialmente, afirmou que focaria na superfície lunar a partir das partes luminosas e escuras para um observador terrestre, separada por uma fronteira irregular. Prosseguindo, mencionou que manchas escuras estavam na linha fronteira e avançavam na parte iluminada e vice-versa.

Galileu afirmou que as extensas manchas escuras situadas sobre a parte clara há muito tempo vinham sendo discutidas, por isso não as mencionaria. Mas, se deteria nas pequenas manchas enegrecidas que se espalhavam por toda a extensão da parte luminosa, iluminada pela luz solar, bem como nos pontos brilhantes que se estendiam por toda a parte escura da Lua. Após essa exposição, iniciou uma comparação com o que é percebido na Terra durante o amanhecer. Assinalou: “Ora, temos na Terra uma visão totalmente semelhante, no momento do nascer do Sol, quando dirigimos o nosso olhar sobre os vales que ainda não estão banhados de luz, e as montanhas que os cercam resplandecem, já do lado oposto, ao Sol. E, tal como as sombras das cavidades terrestres diminuem à medida que o Sol se eleva, assim também estas manchas lunares perdem as suas trevas à medida que a parte luminosa cresce” (Galileu, 2010, p. 157).

Na menção anterior, fica evidente que, para tal explicação, Galileu não se remeteu diretamente aos dados dos sentidos, propiciados pelas lentes. Mas, a partir desses, desenvolveu uma argumentação a partir de situação análoga ocorrida na superfície terrestre. Considerou que, no alvorecer os picos das montanhas são iluminados primeiramente e, em seguida, as planícies. Quando possível, os vales e depressões.

Tal panorama é bastante pertinente contrapor visões empírico-indutivistas na construção das ideias. No caso específico, como se as proposições de Galileu tivessem emergido diretamente da impregnação dos sentidos pelos dados registrados através das lentes.

Para evidenciar a conjectura proposta, a partir da da imagem da superfície lunar, segue uma das gravuras elaboradas por Galileu (Figura 1).

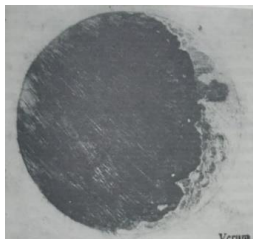


Figura 1. Gravura da superfície lunar (Galileu, 2010, p. 157).

Notemos que, a partir da perspectiva anterior, ou seja, atribuindo a existência de montanhas e vales na superfície lunar, Galileu confrontava a concepção aristotélica de que a Lua, localizada na região celeste, região da perfeição e da imutabilidade, teria a superfície perfeitamente lisa.

A IDENTIFICAÇÃO DE NOVAS ESTRELAS

Mediante o uso das lentes, Galileu também empreendeu observações sistemáticas das estrelas. sobre as quais realçou que essas não se mostravam com dimensões aumentadas na mesma proporção que os objetos terrestres, nem como as dimensões aumentadas da Lua. Enquanto as dimensões físicas de alguns objetos terrestres mostravam-se aumentadas por um fator cem, as estrelas mostravam-se com dimensões aumentadas por um fator quatro ou cinco, apenas. Para essa condição, Galileu (2010) argumentou que, ao serem observadas com a vista desarmada, as estrelas apareciam irradiadas de um certo brilho circundante, porém, com os contornos delimitados como os planetas. Essa condição levava as estrelas a parecerem maiores do que realmente eram.

Ampliando considerações sobre as dimensões das estrelas observadas através das lentes, Galileu (op. cit.) também argumentou que, quando observadas durante o dia ou mesmo no crepúsculo vespertino, as estrelas mostravam-se sem os raios circundantes, constatados quando vistas na escuridão. Assim, revelavam suas reais dimensões. Acrescentou que o mesmo efeito também era obtido quando as estrelas eram observadas através de vidros coloridos, os quais lhes retiravam a envoltura iraiada.

O uso das lentes também possibilitou a Galileu a identificação de várias estrelas, as quais não haviam sido percebidas anteriormente, porém, nas estrelas já identificadas, não se percebia um aumento

significativo das suas dimensões. Referindo-se às observações realizadas na constelação de Órion, assinalou: “Com efeito, dentro do limite de um ou dois graus existem e disseminam-se, em torno das antigas, mais de quinhentas novas estrelas” (Galileu, 2010, p. 175). Referindo-se as estrelas detectadas na constelação de Plêiades, Galileu assinalou:

“No segundo exemplo, desenhei as seis estrelas do Touro chamadas Plêiades (digo seis porque a sétima quase nunca aparece) contidas nos céus entre limites muito estreitos. Perto destas encontram-se mais de quarenta outras estrelas invisíveis, nenhuma das quais afastada das seis antes mencionadas mais do que meio grau. Assinalei apenas trinta e seis destas, respeitando as suas distâncias mútuas, os tamanhos, e a distinção entre antigas e novas, tal como no caso de Oriente” (Galilei, 2010, p. 175).

A seguir, a gravura elaborada por Galileu destacando as seis estrelas na constelação Plêiades (Figura 2).



Figura 2. Constelação Plêiades (Galileu, 2010, p. 177).

Galileu elaborou gravuras descrevendo a posição e as dimensões das 21 pequenas estrelas constatadas como formando a nebulosa de Órion (mancha difusa situada em uma região da constelação de Órion) e das mais de quarenta pequenas estrelas, formando a nebulosa do Presépio (Figura 3).

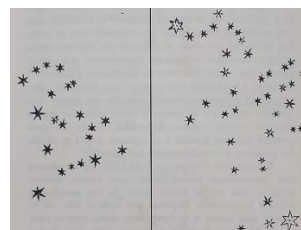


Figura 3. Nebulosa do Órion (esquerda) e Nebulosa do Presépio (direita) (Galileu, 2010, p. 178).

O uso das lentes também possibilitou Galileu defender que as Galáxias agrupavam um aglomerado de estrelas, as quais formavam uma luminosidade leitosa, como uma nuvem esbranquiçada. Uma variedade de estrelas também foi identificada nessas nebulosas. Sobre essas, assinalou: “/.../ as estrelas que foram designadas de nebulosas por todos os astrônomos até hoje são enxames de pequenas estrelas reunidas de forma espantosa. Embora cada uma individualmente escape à nossa vista, por causa da sua pequenez ou da sua grande distância a nós, /.../” (Galileu, 2010, p. 177-178).

CONSTATANDO SATÉLITES EM JÚPITER

A partir das observações através das lentes, Galileu anunciou uma constatação, segundo ele original, porque não havia ocorrido anteriormente, em nenhuma época e parte do mundo – a existência de quatro corpos brilhantes orbitando em torno de Júpiter. Esses seriam nomeados planetas Mediceus, em homenagem a família dos Médicis.

Sobre esses, a primeira constatação de Galileu foi a existência de três estrelas, sobre as quais assinalou: “/.../quando eu examinava os astros do céu através da luneta, Júpiter mostrou-se, e, como me tinha munido de um instrumento excelente, vi que três pequenas estrelas estavam perto dele” (Galileu, 2010, p. 179). Sobre esses, Galileu admitiu que, em um primeiro momento, teria ficado surpreso com o fato de, apesar dessas parecerem estrelas fixas como as demais, estavam dispostas sobre uma linha reta horizontal, alinhada com Júpiter, paralelamente a eclíptica. Além disso, se mostravam mais brilhantes que as demais de mesma grandeza (Figura 4).



Figura 4. Júpiter e três estrelas - 07 jan

(Galileu, 2010, p. 179).

Além da disposição anterior, Galileu acrescentou que as estrelas dos dois extremos denotavam ser um pouco maiores que a outra. Acrescentou ainda que não se preocupou com as distâncias entre as estrelas e entre essas e o planeta. Essa observação foi realizada na primeira hora da noite de 7 de janeiro de 1610 e continuaram até 2 de março do mesmo ano, exceto nas noites enevoadas.

No dia seguinte, 8 de janeiro, Galileu retomou às observações. Para sua surpresa, as três estrelas se mostravam no lado ocidental de Júpiter e mais próximas de si que no dia anterior, aparentemente em intervalos iguais (Figura 5).



Figura 5. Júpiter e três estrelas - 08 jan

(Galileu, 2010, p. 180).

Pela configuração entre as estrelas e o planeta, Galileu conjecturou que as mudanças posicionais seriam conseqüentes do movimento planetário. Mas, ficou duvidoso. Assinalou:

“Aqui, embora não tivesse de maneira nenhuma virado o meu pensamento para a aproximação mútua dessas estrelas, comecei, no entanto, a ficar intrigado por que razão Júpiter podia estar para Leste das ditas estrelas fixas quanto no dia anterior ele estava para Oeste de duas delas” (Galileu, 2010, p. 180).

Em 10 de janeiro, Galileu constatou apenas duas estrelas em torno de Júpiter, aparentemente do mesmo tamanho, situadas no lado oriental do planeta, alinhadas com esse e localizada na longitude do Zodíaco. (Figura 6). Sobre a terceira estrela, Galileu acrescentou que lhe pareceu ocultada pelo planeta Júpiter.



Figura 6. Júpiter e duas estrelas - 10 jan

(Galileu, 2010, p. 180).

Na noite de 11 de janeiro, Galileu constatou que, semelhantemente ao dia anterior, duas estrelas permaneciam no lado oriental de Júpiter. Porém, apresentavam distâncias entre si e do planeta, diferentes. A mais próxima de Júpiter, distava desse três vezes em relação a estrela da extremidade. Também constatou que a estrela mais oriental se mostrava duas vezes maior que a próxima a Júpiter.

Nas observações realizadas na primeira hora da noite de 12 de janeiro, Galileu identificou duas estrelas brilhantes, uma em cada lado de Júpiter, respectivamente distando dois minutos desse, sendo a do lado oriental maior. Na terceira hora desse dia, começou a surgir uma pequena estrela do lado ocidental e muito próxima de Júpiter. As três encontravam-se alinhadas com o planeta e paralelas a eclíptica.

Nas tomadas de posição acerca das estrelas em volta de Júpiter, Galileu (op. cit.) constatou as frequentes variações do quantitativo e brilho dessas estrelas, bem como as posições entre si e em relação a Júpiter. No entanto, na maioria das vezes, encontravam-se ao longo de uma linha reta horizontal alinhada com a eclíptica e passando pelo planeta. Poucas vezes, algumas encontrava-se ligeiramente desviadas ao Norte ou ao Sul de Júpiter.

Em 13 de janeiro, pela primeira vez, Galileu constatou quatro pequenas estrelas em torno de Júpiter – uma no lado oriental e três, no ocidental. A do lado oriental se localizava a dois minutos do planeta. A distância entre esse e a primeira estrela ocidental era de um minuto, mesma distância entre essa e a segunda e, entre a segunda e a terceira (Figura 7).



Figura 7. Júpiter e as quatro estrelas - 13 jan

(Galileu, 2010, p. 182).

Das quatro estrelas, três estavam alinhadas e, apenas a estrela central no lado ocidental estava um pouco deslocada ao Norte.

No décimo quinto dia de janeiro, as observações foram retomadas por Galileu. A terceira hora da

noite, constatou que quatro estrelas brilhantes e sem cintilação continuavam ladeando Júpiter, porém, todas no lado ocidental (Figura 8).

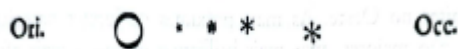


Figura 8. Júpiter e quatro estrelas - 15 jan (Galileu, 2010, p. 183).

A estrela mais próxima de Júpiter era a menor delas e as demais, sucessivamente maiores. As três primeiras estrelas distavam entre si dois minutos, mesma distância entre Júpiter e a mais próxima. A estrela mais distante se encontrava a quatro minutos da mais próxima de si.

No mesmo dia da constatação anterior, à sétima hora da noite, apenas três estrelas eram visíveis e localizadas no lado ocidental de Júpiter (Figura 9).



Figura 9. Júpiter e três estrelas - 15 jan (Galileu, 2010, p. 183).

A estrela mais próxima do planeta era a menor delas, distante desse em três minutos e um minuto da segunda estrela. A distância entre a segunda estrela e a terceira era de quatro minutos e trinta segundo.

Na oitava hora desse 15 de janeiro, as duas estrelas do meio estavam mais próximas, distantes trinta segundo entre si, aproximadamente.

Nos três dias seguintes, a saber, 16, 17 e 18 de janeiro, todas as observações revelaram três, duas e três estrelas visíveis em torno de Júpiter, respectivamente, ocupando posições singulares.

Em 19 de janeiro, na segunda hora da noite, três estrelas ladeavam Júpiter, com ele alinhadas e paralelas a eclíptica. Uma, no lado oriental, distava seis minutos do planeta. Duas, no lado ocidental com a primeira afastada cinco minutos e a segunda, quatro minutos da primeira estrela. Mas, Galileu denotou incerteza quanto a existência de uma estrela no lado oriental e muito próxima ao planeta. Na quinta hora, no lado oriental, surge uma pequena estrela no ponto médio entre o planeta e a outra estrela (Figura 10).



Figura 10. Júpiter e quatro estrelas - 19 jan (Galileu, 2010, p. 185).

Na sexta hora, a pequena estrela identificada, mostrava-se com grandeza semelhante as demais.

No dia 20 de janeiro, Galileu registrou três observações, em horários distintos. Há uma hora e quinze minutos, três estrelas ladeavam Júpiter - duas no lado ocidental (incerto quanto uma terceira) e uma no lado oriental desse planeta. Eram muito diminutas

e distavam entre si e o planeta aproximadamente mais de um minuto. Por volta da sexta hora, as três estrelas permaneciam ocupando o mesmo lado do planeta, porém em posições diferentes. A do lado oriental encontrava-se a dois minutos de Júpiter. No lado ocidental, a estrela mais próxima do planeta encontrava-se a quarenta minutos desse. A segunda estrela do lado ocidental encontrava-se a quarenta segundo da primeira (Figura 11).



Figura 11. Júpiter e três estrelas - 20 jan (Galileu, 2010, p. 186).

Na sétima hora do dia 20 de janeiro, Galileu identificou uma outra estrela no lado ocidental do planeta. A primeira, a vinte segundos desse. Entre a primeira e a mais ocidental havia um intervalo de quarenta segundos, entre as quais, outra estrela ligeiramente desviada ao Sul (Figura 12)



Figura 12. Júpiter e quatro estrelas - 20 jan (Galileu, 2010, p. 186).

Em 21 de janeiro, no registro referente há zero hora e trinta minutos, três pequenas estrelas estavam no lado oriental (distanciadas entre si em aproximadamente cinquenta segundo, mesma distância entre Júpiter e a mais próxima). A estrela no lado ocidental do planeta distava quatro minutos desse (Figura 13).



Figura 13. Júpiter e quatro estrelas - 21 jan (Galileu, 2010, p. 186).

Sobre as observações do dia 22 de janeiro, Galileu elaborou dois registros e em ambos, identificando quatro estrelas ladeando Júpiter. O primeiro, realizado na segunda hora, uma estrela localizava-se no lado oriental do planeta (afastada cinco minutos) e três, no lado ocidental. Neste, a primeira, estava afastada em um minuto do planeta e essa, quarenta segundo da segunda estrela. A terceira do lado oriental estava a sete minutos do planeta. No tocante as dimensões dessas, as dos extremos em ambos os lados eram maiores e estavam alinhadas na mesma linha ao longo do Zodíaco, exceto a do meio do lado ocidental, desviada ao Sul.

Na configuração do segundo registro ocorrido, na sexta hora da noite, continuava uma estrela no lado oriental (permanecendo há cinco minutos do planeta) e três, no lado ocidental. Essas se encontravam afastadas entre si e do planeta, em aproximadamente um minuto e vinte segundos. A estrela ocidental próxima a Júpiter mostrava-se menor que as outras, mas, alinhadas com a linha traçada ao longo do Zodíaco (Figura 14).



Figura 14. Júpiter e quatro estrelas – 22 jan (Galileu, 2010, p. 187).

No vigésimo terceiro dia de janeiro, Galileu apresentou dois registros observacionais. O primeiro, quarenta minutos após o ocaso, constatou três estrelas, alinhadas com o planeta ao longo do Zodíaco - duas no lado oriental (afastadas em nove minutos e quarenta segundo e dois minutos e quarenta segundo do planeta, respectivamente) e uma no lado ocidental (três minutos e vinte segundo do planeta). Porém, na quinta hora, as duas estrelas mais próximas a Júpiter não estavam visíveis e Galileu interpretou que estariam por trás do planeta. Nesse horário, apenas uma estrela mostrava-se visível no lado oriental do planeta (Figura 15).



Figura 15: Estrela ladeando Júpiter - 23 de janeiro (Galileu, 2010, p. 188).

Nas observações realizadas por Galileu nos dias seguintes, no mês de janeiro, tanto o quantitativo de estrelas ao lado de Júpiter quanto as posições em relação a esse e entre si, continuaram se alterando. Sobre o dia 24 de janeiro, Galileu apresentou duas configurações, porém, ambas com as estrelas brilhantes no lado oriental do planeta. Na primeira configuração, sem o registro horário da observação, três estrelas brilhantes encontravam-se respectivamente a dois minutos de Júpiter, a segunda trinta segundo além da primeira, um pouco desviada para o Sul, e a terceira, a nove minutos além da segunda (Figura 16)



Figura 16. Júpiter e três estrelas ao Oriente – 24 jan (Galileu, 2010, p. 189).

Na sexta hora desse dia, apenas duas estrelas mostravam-se visíveis no lado oriental, estando alinhadas com Júpiter. A primeira, distava três minutos do planeta e a segunda, oito minutos da segunda ou onze minutos do planeta.

No dia 25 de janeiro, há uma hora e quarenta minutos, duas grandes estrelas estavam visíveis no lado oriental de Júpiter, distantes seis e onze minutos desse, respectivamente.

No dia seguinte, 26 de janeiro, Galileu apresentou duas configurações das observações. A primeira, realizada há zero hora e quarenta minutos, identificou duas estrelas no lado oriental (distanto respectivamente cinco minutos e vinte segundos e a outra onze minutos e vinte segundos do planeta) e uma no lado ocidental (distanto cinco minutos do

planeta). Na segunda configuração, com observação realizada na quinta hora, era bem semelhante a anterior, mas uma estrela menor que as outras surgiu no lado oriental (distanto trinta segundos de Júpiter) e pouco elevada ao Norte, acima da linha reta que passava pelas demais e o planeta (Figura 17).



Figura 17. Júpiter e quatro estrelas – 19 jan (Galileu, 2010, p. 190).

No dia 27 de janeiro, uma hora após o ocaso, Galileu identificou apenas uma pequena estrela no lado oriental de Júpiter, a sete minutos de distância desse.

Nos dias 28 e 29 de janeiro, o céu estava enevoado. Mas, nos dias 30 e 31 de janeiro, três estrelas se mostraram ladeando Júpiter, respectivamente. Porém, ocupando lados e distâncias distintas ao planeta.

Em 30 de janeiro, há uma hora da noite, uma estrela estava no lado oriental (dois minutos e trinta segundo) e duas no lado ocidental (distanto três e quatro minutos do planeta), respectivamente. Esta última era a menor das três. As estrelas exteriores mostravam-se alinhadas em linha reta passando por Júpiter, enquanto a estrela interior no lado oriental estava ligeiramente desviada ao Norte (Figura 18).



Figura 18. Três estrelas ladeando Júpiter - 30 jan (Galileu, 2010, p. 190).

No dia seguinte, na segunda hora da noite, duas estrelas estavam no lado oriental do planeta (distanto dois minutos e vinte segundos e a outra, dois minutos e cinquenta segundos do planeta) e uma no lado ocidental de Júpiter (distanto desse, dez minutos). Essas estrelas se encontravam aproximadamente alinhadas em linha reta com o planeta, mas a oriental mais próxima do planeta, estava deslocada ao Norte.

Em uma segunda observação realizada no dia 31 de janeiro, à quarta hora da noite, as duas estrelas orientais encontravam-se mais próximas (distavam 20 segundos entre si). A estrela do lado ocidental mostrava-se muito pequena (Figura 19).



Figura 19: Três estrelas ladeando Júpiter - 30 jan (Galileu, 2010, p. 191).

Nos registros referentes ao dia 1 de fevereiro, há segunda hora da noite, três estrelas ladeavam Júpiter. Duas dessas encontravam-se no lado oriental. Uma delas, afastada em seis minutos do planeta e a outra, vinte segundos. A estrela do lado ocidental distava oito minutos do planeta. Todas se encontravam sobre uma linha reta com Júpiter.

No dia 2 de fevereiro, Galileu elaborou dois registros. No primeiro, três estrelas permaneciam visíveis, ladeando o planeta: uma no lado oriental distando seis minutos de Júpiter, e duas, no lado ocidental do planeta. As distâncias dessas ao planeta eram quatro minutos e doze minutos, respectivamente. Essas estrelas se encontravam em uma linha reta passando por Júpiter e possuíam grandezas semelhantes.

No segundo registro do dia 2 de fevereiro, à sétima hora da noite, existia uma nova estrela e estavam duas a duas ladeando Júpiter, ao longo da linha zodiacal. As do lado oriental distavam respectivamente um minuto e quarenta segundo e cinco minutos e quarenta segundo de Júpiter. As estrelas do lado ocidental distavam respectivamente seis e quatorze minutos do planeta (Figura 20).

Ori. * * ○ * * Occ.

Figura 20. Quatro estrelas ladeando Júpiter - 02 fev (Galileu, 2010, p. 192).

Em 3 de fevereiro, a sétima hora da noite, três estrelas iguais em grandeza e alinhadas com esse, ladeavam Júpiter – uma no lado oriental (distando um minuto e trinta segundos do planeta) e as outras duas, no lado ocidental (distando dois e doze minutos do planeta, respectivamente).

No dia seguinte, 4 de fevereiro, Galileu apresentou dois registros, identificando quatro estrelas em cada. No primeiro, realizado na segunda hora, registrou duas estrelas orientais (distando quarenta segundo e três minutos e quarenta segundo do planeta) e duas ocidentais (com o planeta distando quatro e dez minutos dessas). Estavam sobre uma linha reta passando por Júpiter.

O segundo registro do dia 4 de fevereiro ocorreu à sétima hora e as quatro estrelas duas a duas ladeavam Júpiter e disposta sobre uma linha reta. Mas, as posições eram distintas. As orientais encontravam-se respectivamente distante de Júpiter dois minutos e dois minutos e trinta segundos. As ocidentais, a quatro e sete minutos distantes do planeta (Figura 21).

Ori. ** ○ * * Occ.

Figura 21. Quatro planetas ladeando Júpiter - 04 fev (Galileu, 2010, p. 193).

No quinto dia de fevereiro, estava enevoadado. Mas, nos dois dias seguintes, apenas duas estrelas ladeavam Júpiter. No dia 6 de fevereiro, uma estrela estava no lado oriental (distando dois minutos do planeta) e a do ocidental (três minutos do planeta). Ambas se encontravam alinhadas com Júpiter e possuíam as mesmas dimensões. O horário dessa constatação não foi indicado.

No dia seguinte, ambas as estrelas visíveis se encontravam no lado oriental de Júpiter, distando desse um e dois minutos respectivamente. Igualmente as anteriores, localizavam-se sobre uma reta passando pelo planeta.

Nas observações realizadas nos dois dias seguintes, 8 e 9 de fevereiro, foram observadas três estrelas próximas a Júpiter. Porém, em lados e distâncias distintos. No dia 8 de fevereiro, na primeira hora, as três estrelas estavam no lado oriental do planeta, respectivamente distantes desse um minuto e vinte segundo, cinco minutos e vinte segundos e cinco minutos e quarenta segundos. A estrela mais próxima e a mais afastada de Júpiter eram muito pequenas, mas todas estavam dispostas sobre uma mesma linha horizontal passando pelo planeta e ao longo do Zodíaco (Figura 22).

Ori. ** * ○ Occ.

Figura 22. Três estrelas ladeando Júpiter - 08 fev (Galileu, 2010, p. 194).

Na terceira hora do dia 8 de fevereiro a estrela mais próxima de Júpiter mostrava-se a dez segundos dele. As outras duas, mais afastadas que anteriormente, com a do meio se posicionando há seis minutos do planeta. Uma hora após, a estrela mais próxima de Júpiter havia desaparecido.

No dia 9 de fevereiro, Galileu elaborou registro de observações realizadas a zero hora e trinta minutos. Nesse, constatou duas estrelas no lado oriental (distando de Júpiter quatro e onze minutos) e outra estrela no lado ocidental, pequena e distante quatro minutos do planeta (Figura 23).

Ori. * * ○ * Occ.

Figura 23. Três estrelas ladeando Júpiter - 09 fev (Galileu, 2010, p. 195).

No dia 10 de fevereiro, o primeiro registro observacional foi realizado há uma hora e trinta minutos. Apenas duas estrelas pequenas foram localizadas no lado oriental de Júpiter (distando desse vinte segundos e dez minutos, respectivamente). Na quarta hora, a estrela mais próxima de Júpiter não aparecia e a outra apareceu ainda menor, distante doze minutos do planeta.

No dia seguinte, 11 de fevereiro, igualmente ao dia anterior, foram registradas observações em horários distintos. Na primeira hora da noite, três estrelas bastante visíveis ladeavam Júpiter e em linha reta com esse – duas no lado oriental (distando quatro e doze minutos do planeta) e outra no lado ocidental (distando quatro minutos do planeta). Na terceira hora, surge uma outra estrela no lado oriental, separada de Júpiter aproximadamente trinta segundos. Brilhante como as demais, era menor e

encontrava-se ligeiramente desviada para o Norte em relação a linha que passava pelas estrelas e pelo planeta (Figura 24).



Figura 24. Quatro estrelas ladeando Júpiter - 11 fev (Galileu, 2010, p. 196).

Ainda no dia 11 de fevereiro, na quinta hora e meia, as quatro estrelas continuam do mesmo lado de Júpiter, porém, em novas posições. A oriental mais próxima do planeta havia se afastado dele, mas, mantinham-se sobre a mesma linha reta e com mesma ordem de grandeza.

Nos dois dias seguintes, 12 e 13 de fevereiro, quatro estrelas, duas a duas ladeavam Júpiter, porém em novas posições e ordem de grandeza em relação ao 11 de fevereiro. Referente ao dia 12 de fevereiro, Galileu apresentou dois registros. O primeiro, realizado há zero hora e quarenta minutos. As estrelas no lado oriental localizavam-se a quarenta segundos e dez minutos do planeta. As do lado ocidental, respectivamente a um e oito minutos de Júpiter. Nessa configuração, as estrelas mais afastadas do planeta eram maiores e as próximas, menores. Na quarta hora desse dia, a estrela ocidental mais próxima do planeta não aparecia.

Em 13 de fevereiro, um registro foi realizado há zero hora e trinta minutos (horário aproximado ao primeiro, do dia anterior). Neste, duas estrelas ladeavam Júpiter no lado ocidental - a mais distante quatro minutos do planeta, bem visível e a outra, bastante pequena, a três minutos e trinta segundo do planeta. No lado oriental, duas estrelas também ladeavam o planeta. A mais próxima, bastante visível, estava a dois minutos do planeta. A outra, menos visível, estava a seis minutos do planeta. Essas quatro estrelas e o planeta encontrava-se em uma mesma linha reta ao longo do Zodiaco (Figura 25).



Figura 25. Júpiter e as quatro estrelas -13 fev (Galileu 2010, p. 197).

O dia 14 de fevereiro estava enevoadado. Mas, no dia seguinte, foram realizados três registros de observações. Há primeira hora, três estrelas localizavam-se na parte oriental de Júpiter. A primeira, distava do planeta cinquenta segundos; a segunda, há vinte segundos da primeira e a terceira, a mais brilhante, distante dois minutos da segunda (Figura 26).



Figura 26. Júpiter e as tres estrelas - 13 fev (Galileu 2010, p. 197).

Por volta da quinta hora de 15 de fevereiro, apenas duas estrelas eram visíveis e localizavam-se no lado oriental de Júpiter. A mais próxima, estava a trinta segundos do planeta e a outra, a quatro minutos desse (Figura 27).



Figura 27. Júpiter e duas estrelas - 15 fev (Galileu 2010, p. 198).

Na sexta hora dessa noite, além de duas estrelas no lado oriental, uma pequena estrela surgiu no lado ocidental do planeta, a dois minutos desse (Figura 28).



Figura 28. Júpiter e as três estrelas -15 fev (Galileu 2010, p. 198).

Na sexta hora da noite do dia 16 de fevereiro, igualmente ao dia anterior, existiam três estrelas ladeando Júpiter. Porém, duas no lado ocidental, respectivamente distando cinco e oito minutos do planeta e uma no lado oriental, afastada em sete minutos. As três estrelas eram bastante visíveis, com a mesma ordem de grandeza e situavam-se sobre a mesma linha ao longo do Zodiaco.

No dia seguinte, 17 de fevereiro, foram realizados dois registros. Na primeira hora da noite seguinte, apenas duas estrelas ladeavam o planeta, uma no lado oriental (distanciada três minutos) e outra no ocidental, menor que a do lado oposto (distanciada dez minutos). Na sexta hora, a oriental estava mais próxima do planeta, a cinquenta segundo dele. Em ambas as observações, as estrelas estavam alinhadas com o planeta e a eclíptica, sendo essas muito pequenas, notadamente, a que estava no lado oriental, na segunda observação.

No dia 18 de fevereiro, foram apresentados três registros. À primeira hora, duas estrelas localizavam-se no lado ocidental de Júpiter (distanciadas em dois e dez minutos desse) e outra no lado oriental (distanciada três minutos do planeta), alinhadas com esse e a eclíptica. À segunda hora desse dia, as estrelas mais próximas de Júpiter, em ambos os lados, estavam afastadas por espaços iguais, respectivamente distantes três minutos desse planeta. Na sexta hora, surge uma estrela entre a mais oriental e o planeta (Figura 29).



Figura 29. Júpiter e quatro estrelas - 18 fev (Galileu 2010, p. 199).

Na configuração anterior, no lado oriental, as estrelas estavam há um minuto e cinquenta segundos e três minutos e cinquenta segundos distantes de Júpiter,

respectivamente. No lado ocidental, as estrelas estavam a três e dez minutos de Júpiter.

Em 19 de fevereiro, há zero hora e quarenta minutos, apenas duas grandes estrelas se mostravam no lado ocidental de Júpiter (distantes desse sete e treze minutos), alinhadas com esse na linha traçada ao longo da eclíptica.

No dia seguinte, o céu estava enevoadado. No dia 21 de fevereiro, Galileu registrou a configuração observada há uma hora e trinta minutos. Três pequenas estrelas estavam ladeando Júpiter e alinhadas com esse e a eclíptica. Duas dessas estrelas estavam localizadas no lado ocidental do planeta (distantes três e dez minutos) e a outra, no lado oriental, distante do planeta em dois minutos.

Nos três dias seguintes, 22, 23 e 24 de fevereiro, o céu estava enevoadado. O próximo registro ocorreu em 25 de fevereiro, a uma hora e trinta minutos. Novamente, mostraram-se três estrelas, porém, duas no lado oriental de Júpiter (localizada a quatro e oito minutos do planeta) e uma no lado ocidental (há dois minutos do planeta), alinhadas em uma reta com o planeta, ao longo da eclíptica (Figura 30).



Figura 30. Júpiter e três estrelas – 25 fev (Galileu, 2010, p. 200).

Sobre o dia seguinte, 26 de fevereiro, Galileu apresentou dois registros. O primeiro, referiu-se à observação realizada há zero hora e trinta minutos. Júpiter foi observado com uma estrela no lado ocidental (distantes seis minutos) e outra no lado oriental (distantes dez minutos do planeta), menor que a outra.

Na quinta hora do mesmo dia, uma pequena estrela surgiu no lado ocidental de Júpiter (distantes um minuto desse), a qual anteriormente estava atrás do planeta, afirmou Galileu. A estrela do lado oriental havia se distanciado do planeta, mas, nesse momento, localizava-se a onze minutos do planeta (Figura 31).



Figura 31. Júpiter e três estrelas - 26 jan (Galileu, 2010, p. 201).

Galileu acrescentou que, ainda na noite de 26 de fevereiro, foi possível observar o avanço de Júpiter com os planetas ao longo do Zodíaco. Para tal, adotou como referência uma estrela fixa, localizada na parte oriental de Júpiter, deslocada ao Sul em relação ao planeta mais oriental.

No penúltimo dia do mês, ou seja, em 27 de fevereiro, há uma hora e quarenta minutos, apareceram quatro estrelas, duas a duas ladeando Júpiter. No lado oriental, encontravam-se

respectivamente a trinta segundos e dez minutos de do planeta. No lado ocidental, estavam a dois minutos e trinta segundos e três minutos e trinta segundos distantes do planeta. As estrelas localizadas próximo ao planeta eram menores em relação as mais afastadas (Figura 32).



Figura 32. Júpiter, quatro estrelas e a estrela fixa - 27 fev (Galileu, 2010, p. 202).

A quinta hora do dia 27 de fevereiro, a estrela do lado oriental e próxima a Júpiter estava a um minuto de distância desse. Ou seja, aproximou-se do planeta.

Em 28 de fevereiro, a primeira hora da noite, apenas duas estrelas se mostravam ladeando Júpiter, além da estrela fixa. Uma no lado ocidental, a dois minutos do planeta e a outra no lado oriental, a nove minutos do planeta, tendo a estrela fixa em direção perpendicular (Figura 33).



Figura 33. Júpiter, duas estrelas e uma estrela fixa - 28 fev (Galileu, 2010, p. 202).

Na quinta hora da mesma noite, porém, mostrou-se uma terceira estrela. Esta estrela se localizava no lado oriental de Júpiter, distante dois minutos desse (Figura 34).



Figura 34. Júpiter e três estrelas - 28 fev (Galileu, 2010, p. 203).

No dia seguinte, 1 de março, há zero hora e quarenta minutos, mostraram-se quatro estrelas e todas localizadas no lado oriental de Júpiter. Distavam dois minutos, três minutos, três minutos e vinte segundos do planeta, a mais brilhante e a última, sete minutos e vinte segundos do planeta. Essa mais distante se mostrava menor que as demais.

No dia 2 de março, foi o último dia dos registros observacionais apresentados em relação a Júpiter. Em relação a esses, Galileu já utiliza a terminologia planetas e não a terminologia estrela, usada inicialmente. No instante, a zero hora e quarenta minutos, três planetas ladeavam Júpiter. Um no lado ocidental do planeta (dois minutos afastado desse) e dois no lado oriental (distantes seis minutos e trinta segundos e sete minutos do planeta, respectivamente). Os planetas exteriores eram

maiores. O planeta mais oriental parecia um pouco elevado ao Norte (Figura 35).

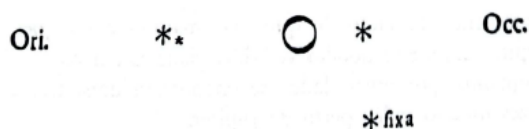


Figura 35. Júpiter, três planetas e uma estrela fixa – 2 mar (Galileu, 2010, p. 203).

Ao final dos seus escritos seminais sobre as observações das estrelas (ora nomeadas planetas) próximas a Júpiter, Galileu (op. cit.) admitiu a impossibilidade de, naquele momento, determinar com precisão os respectivos períodos de rotação de cada uma desses. Apenas afirmou que estariam em volta de Júpiter, quer no movimento progressivo, quer na retrogradação. Logo, seriam planetas em órbitas específicas, algumas vezes invisíveis pela suposta interpolação em relação a Júpiter. Sobre esses planetas, assinalou:

“Estas são as observações dos quatro planetas Mediceus que foram recentemente, e pela primeira vez, descobertos por mim, a partir das quais, embora não seja ainda possível calcular os seus períodos, é permitido, ao menos, fazer alguns reparos importantes” (Galileu, 2010, p. 204).

A partir dessa configuração, procedeu com uma analogia em relação ao sistema astronômico proposto por Copérnico, no qual o Sol centralizado teria planetas com distintos períodos em sua volta. Em considerações conclusivas sobre o tema na obra de 1610, assinalou:

“Temos, além disso, um excelente e esplêndido argumento para eliminar os escrúpulos daqueles que, embora admitindo tranquilamente a revolução dos planetas em torno do Sol no sistema copernicano, ficam tão perturbados pela circulação de uma única Lua em torno da Terra, enquanto as duas juntas completam um orbe anual em torno do Sol, que concluem que esta constituição do universo deve ser recusada como impossível. Pois aqui, temos não apenas um planeta revolvendo em torno de outro enquanto ambos se deslocam ao longo de um grande círculo em torno do Sol, mas os nossos sentidos mostram-nos quatro estrelas vageantes em torno de Júpiter, à semelhança da Lua em torno da Terra, ao mesmo tempo em que todas elas com Júpiter percorrem um grande orbe em torno do Sol, no intervalo de doze anos” (Galileu, 2010, p. 205).

VÊNUS E SUAS FASES

As observações de Vênus através das lentes foram realizadas por Galileu entre os meses de outubro e dezembro de 1610. Logo, após a publicação do *Sidereus Nuncius*. Um aspecto singular sobre esse planeta a partir dessas observações, foi a constatação

de que, semelhantemente a Lua, Vênus apresentava ciclo de fases completo, passando do crescente ao cheio. Com isso, se evidenciava que esse planeta circulava em torno do Sol (Leitão, 2010).

A constatação das fases de Vênus teve importância singular, haja vista que revelava conformação e oposição entre sistemas astronômicos pertencentes a tradições contraditórias. Vênus apresentando fases somente seria possível em um sistema com os planetas circulando em torno do Sol, logo, não se conformava com o geocentrismo do sistema astronômico ptolomaico. Assim, essa conformação teria que ser ajustada ou ao sistema astronômico copernicano ou a de Brahe. Mas, Galileu não fez qualquer menção em defesa desse último. As fases de Vênus prestaram-se, então, para o fortalecimento do sistema astronômico proposto por Copérnico, em 1543, no *De Revolutionibus* (Revolução dos Orbes Celestes) (Copérnico, 1984).

Copérnico (op.cit.) havia mencionado que a aparência de Vênus dependia da sua posição ao Sol. Mas, a olho nu, não foi possível a detecção das fases desse planeta¹.

A detecção das fases de Vênus foi um dos fatores que eliminaria algumas das limitações do heliocentrismo copernicano. Dentre essas limitações, as quais Copérnico não apresentou nenhuma proposição, podemos citar a ausência de uma física que explicasse o lançamento vertical dos corpos sobre a Terra em movimento axial; a ausência de detecção da paralaxe estelar, incompatível com a proposição do movimento de translação anual da Terra em torno do Sol. Esta ausência era, sem dúvida um outro argumento que pesava bastante contra a teoria copernicana.

A paralaxe das estrelas devida à suposta translação da Terra, no entanto, jamais havia sido observada, resistindo a observações mais cuidadosas. Uma paralaxe dessa natureza só viria a ser observada pela primeira vez, próximo a metade do século XIX, época em que as observações telescópicas já estavam bastante consolidadas (Kuhn, 1990).

Em nosso entendimento, Galileu compreendeu a importância das fases de Vênus e, a essa altura, reafirmou potencialidades do heliocentrismo copernicano, haja vista não ter acenado com qualquer compatibilidade com o sistema de Brahe. Leitão (op. cit.) mencionou que, em janeiro de 1611, Galileu escreveu a Giuliano de Medici explicando que as fases de Vênus somente se compatibilizavam com um sistema cujos planetas se movimentassem em torno do Sol. Também atribuiu a sua constatação a dissolução de uma antiga polêmica, afirmando que os planetas não possuíam luz própria.

¹ Livro I – Capítulo X.



Videira (2009) discutiu que, para Stillman Drake, nessa época, Galileu já havia consolidado a importância da mensuração para a prática da ciência. Acrescentou que as descobertas galileanas na astronomia foram possíveis devido ao uso da trigonometria associado a um instrumento ótico, recém-construído. Acrescentou ainda que, para Rochi, a revolução na astronomia empreendida por Galileu se deu por três aspectos: i) o uso de instrumentos de observação, usando lentes; ii) as descobertas celestes; iii) transformação conceitual sobre a estrutura dos céus.

AS MANCHAS SOLARES

Interpretações em torno das manchas solares através das lentes foi motivo de contendas entre Galileu e o jesuíta Christopher Scheiner (1575-1650), tanto no tocante as interpretações sobre as causas do fenômeno, quanto a primazia da descoberta, em si. Vale realçar que, igualmente as manchas lunares, há vários séculos antes do uso do telescópio na astronomia, o fenômeno das manchas solares já havia sido identificado. Leitão (2010), por exemplo, reporta-se a escritos sobre manchas solares identificadas no Oriente, no século II a. C. Acrescenta que, no Ocidente, a primeira publicação sobre esse fenômeno se deu em 1611, através do *De maculis in sole observatis*, a partir das observações realizadas no mesmo ano pelo holandês Johannes Fabricius (1577-1615). Conforme Dame (1996), o aparecimento e o desaparecimento destas manchas foram interpretados como uma possível evidência da rotação axial do Sol.

Em 1610, Thomas Harriot (1560-1621) e Galileu, independentemente, observaram a superfície solar através das lentes. Harriot alegou dificuldades porque somente no amanhecer e no entardecer teria sido possível realizar observações, além da imprecisão das lentes (Van Helden, 1996). Nessa época, o jesuíta Christoph Scheiner (1575-1650) também realizou observações da superfície solar, motivo para algumas contendas indiretas com Galileu.

Galileu admitia que as manchas solares eram formadas na superfície do Sol. Scheiner teve bastante dificuldade em demonstrar a sua existência - ora surgiam, se modificavam e desapareciam. Inicialmente conjecturou que seria a passagem dos planetas Mercúrio e Vênus sobre o disco solar, projetando-lhe sombras e a variação das dimensões das manchas seriam consequentes das diferentes velocidades de revolução das esferas que transportavam os planetas. Devido as pequenas extensões dos planetas, as sombras não eram percebidas isoladamente. Como argumento, Scheiner reportou-se às manchas lunares identificadas por Galileu, as quais se mostravam com coloração mais clara que as manchas solares (Van Helden, 1996).

Pela não preservação da imutabilidade da região celeste, evidencia-se que Scheiner preservava os preceitos aristotélicos. Por outro lado, conferia movimentos aos planetas em torno do Sol, evidenciando que, do ponto de vista configuracional, havia uma aproximação com o modelo tychonico.

Ao final de 1611, através de três cartas, Scheiner relatou suas interpretações sobre as observações das manchas solares ao prefeito de Augsburg, Marcum Welser, e, em 1612, foram publicadas em obra intitulada *Tres Epistolae de Maculis Solaribus Scriptae ad Marcum Welserum* (Três epístolas sobre as manchas solares). Através das cartas a Welser, Scheiner requereu a primazia na observação das manchas solares. Explicou o fenômeno, conjecturando a existência de três corpos opacos, semelhantes a minúsculos planetas, que giravam em torno do Sol, porém, bem mais próximo desse que Mercúrio e Vênus. Esses planetas certamente estariam fixados em esferas transportadoras e pela interposição entre o Sol e a Terra, mostravam-se a um observador terrestre como um agregado de sobras (Mariconda, 2004).

Em janeiro de 1612, Welser compartilhou com Galileu o teor das cartas de Scheiner e lhe solicitou um parecer. Galileu respondeu a Welser através de três cartas, no mesmo ano em que publicou suas impressões sobre as manchas solares, na obra *Discurso Sobre as Coisas Que Estão Sobre a Água*. A partir dos posicionamentos de Galileu nessas cartas, iniciaram-se as polêmicas entre Galileu e Scheiner acerca das causas das manchas solares, bem como a primazia das descobertas.

Na primeira carta que Galileu enviou a Welser - 4 de maio de 1612 - realçou as defesas comuns entre ele e Scheiner, como a confiabilidade nas observações telescópicas e na localização das manchas acima da esfera lunar. Após as concordâncias iniciais, iniciaram-se as contestações de Galileu sobre as defesas de Scheiner. Este havia proposto que as manchas solares se deslocavam no sentido Leste-Oeste. Para Galileu, o sentido seria esse apenas quando as manchas estivessem na parte inferior do Sol. Quando estivessem na parte superior, o sentido do movimento seria Oeste-Leste.

Scheiner expressou o intento de conhecer a essência das manchas solares, condição que foi contestada por Galileu, para o qual, apenas qualidades quantificáveis possibilitavam o conhecimento da natureza, independentemente da localização. Contestando essa perspectiva, assinalou: “/.../ não poderia crer que fosse digno de qualquer censura o filósofo que confessasse não saber, e não ser capaz de saber qual a matéria das manchas solares” (Galileu, 1995, V, p. 106). Nesta, evidencia-se uma recusa de Galileu com a possibilidade de se conhecer as qualidades sensíveis das manchas solares. Destas, apenas a



localização, o movimento, a opacidade e a mutabilidade poderiam ser observadas e conhecidas. Aqui evidenciam-se as distintas pressuposições adotadas pelos proponentes.

Ao final da primeira carta enviada a Welser, Galileu mencionou o procedimento da observação solar desenvolvido pelo padre Benedetto Castelli (1578-1643), o qual seria descrito na carta seguinte. Através do telescópio, projetava o disco solar sobre um anteparo e assim, desenhavam sobre a imagem projetada. Com isso, obtinham uma imagem o mais fiel possível das manchas, sem que os olhos do observador fossem afetados pelos raios solares. Mesmo assim, Galileu anunciou a necessidade de obter outros dados no sentido de aprimorar a sua defesa em torno das causas das manchas solares. Porém, o método utilizado para o registro dessas, conferia-lhe uma análise otimizada do fenômeno.

Logo após o envio da primeira carta a Welser, Galileu enviou algumas das suas ilustrações sobre as manchas solares ao cardeal Maffeo Barberini² (1568-1644) e explicitou a convicção de que as manchas estariam fixadas ao Sol, que rotacionava sobre si, demonstrando geometricamente as minúcias sobre a configuração e a localização das manchas. Essas haviam sido obtidas pelas observações realizadas ao longo de vários dias consecutivos e nos mesmos horários (Galilei, 1995, XI, p. 311)

Scheiner também apresentou imagens das manchas solares, porém, com dimensões reduzidas as quais induziam a interpretação das manchas como causadas pelos satélites solares. As observações de Scheiner, no entanto, não foram realizadas em dias consecutivos, tampouco no mesmo horário (Van Helden, 1996).

Em 14 de agosto de 1612, Galileu enviou a segunda carta para Welser, detalhando sua refutação às teses de Scheiner sobre as causas das manchas solares. Argumentou que essas sofriam alterações e estavam fixadas à superfície do Sol, logo, sendo levadas por esse e que, caso estivessem separadas, seria uma distância imperceptível. Dispôs de uma série de ilustrações. Sem detalhamento, ainda na segunda carta, Galileu mencionou que as manchas solares se concentravam em uma faixa de aproximadamente 30° ao Norte e ao Sul do equador solar, porém, não apresentou explicação causal para essa localização. Relatou também quando não havia sido possível realizar observações devido a presença de nuvens. A partir dos movimentos conferidos as manchas solares, Galileu inferiu ainda que o Sol era perfeitamente esférico e, semelhantemente aos planetas, girava sobre si, no sentido Oeste-Leste, com período de aproximadamente um mês lunar (Galilei,

1995, XI, p. 288).

A terceira carta de Galileu a Welser foi enviada em 1º de dezembro de 1612. Nesta, opõe-se à pretensão de Scheiner para conhecer a essência das manchas solares, afirmando ser possível obter alguns conhecimentos, como lugar, opacidade, mutabilidade etc.

Após se opor a pressuposição de que as manchas solares seriam projeções de sombras de supostos planetas, Galileu sugeriu que poderiam ser causadas pela emissão da fumaça de algum corpo em combustão, explicando satisfatoriamente o surgimento, o desaparecimento e a variação da extensão dessas manchas. Também reivindicou publicamente a prioridade da descoberta das manchas solares, alegando que durante a sua viagem à Roma, em 1611, teria se referido às suas observações sobre essas (Mariconda, 2004). Ainda na terceira carta, Galileu pronunciou-se sobre os comentários de Scheiner acerca das observações telescópicas, notadamente, sobre as diferenças entre a Terra e a Lua. Para Galileu, se a superfície da Lua fosse perfeitamente polida, seria invisível aos observadores localizados na Terra, na maior parte do tempo.

Através das três cartas a Welser, Galileu iniciou a defesa pública do copernicanismo. Em 1613, a Academia dos Linceus publicou essas cartas em Roma, com o título *Istoria e dimostrazione intorno alle macchie solari* (História e demonstrações em torno das manchas solares e seus acidentes) (MARICONDA, 2000). Leitão (2010) opinou que essa obra é a grande defesa pública do copernicanismo, haja vista que o *Sidereus Nuncius* evidenciou uma adesão bastante discreta.

O tema manchas solares seria abordado por Galileu na obra *Il Saggiatore*, publicada em 1623. Scheiner continuava com suas investigações, tendo publicado entre 1626 e 1630, a obra intitulada *Rosa Ursina*, inteiramente dedicada à temática em questão (Leitão, 2010).

No Diálogo de Galileu, publicado em 1632, existem várias menções referentes às manchas solares. Na Primeira Jornada, por exemplo, através de Salviati, reportou-se ao surgimento e ao desaparecimento dessas manchas, como evidência da mutabilidade dos céus e da sua extensão. Assinalou:

“/.../ e na face do próprio Sol vê-se; graças ao telescópio, produzirem-se e desfazerem-se matérias densas e escuras, muito semelhantes na aparência às nuvens em torno da Terra, e muitas delas tão vastas, que superam de longe não apenas o Mediterrâneo, mas toda a África e também a Ásia. Ora, quando Aristóteles visse essas coisas, o que acreditais, Sr. Simplicio, que ele diria e faria?” (Galilei, 2004, p. 132).

² Este tornar-se-ia Papa Urbano VIII, a partir de 1623.



No excerto anterior, Galileu realçou a grande extensão das manchas solares, bem como denotou convicção acerca da mutabilidade da sua aparência, contrariando assim a pressuposição aristotélica acerca da imutabilidade dos céus.

Ainda na Primeira Jornada do Diálogo, através de Salviati, Galileu argumentou que as manchas solares seriam contíguas ao Sol e não uma projeção sobre a superfície desse. Sobre essa convicção, assinalou:

“A primeira é que muitas dessas manchas vêm-se nascerem no meio do disco solar e muitas, igualmente, dissolverem-se e desaparecerem também longe da circunferência do Sol; argumento necessário de que se geram e se dissolvem: pois, se elas, sem gerarem-se e corromperem-se, aparecessem aí somente por movimento local, todas seriam vistas entrarem e saírem pela circunferência extrema.” (Galilei, 2004, p. 134).

No excerto anterior, Galileu evidenciou a impossibilidade do desaparecimento e a geração das manchas solares estarem relacionadas ao movimento do Sol, as quais surgiam e desapareciam apenas na extremidade do disco solar. Enfatizando essa argumentação, ainda assinalou:

“Não acrediteis, Sr Simplício, que se tenha observado ultimamente que as manchas, depois de determinados períodos, retornem como se fossem exatamente as mesmas, porque quem o disse deseja enganar-vos; e que assim é, prestai atenção que ele silencia acerca daquelas manchas que se geram e daquelas que se dissolvem na face do Sol, longe da circunferência; nem vos disse nada a respeito daquele encurtamento, que é argumento necessário do serem contíguas ao Sol.” (Galilei, 2004, p. 135).

Na Terceira Jornada do Diálogo, através de Salviati, Galileu se reportou a sua antecipação a Scheiner no tocante a constatação das manchas solares. A partir desse, requereu o seu pioneirismo.

“Nosso Acadêmico Linceu foi o primeiro descobridor e observador das manchas solares, assim como de todas as outras novidades celestes, e descobriu essas manchas no ano de 1610, quando lecionava matemática na Universidade de Pádua, e aí em Veneza falou disso com diversas pessoas, algumas das quais ainda vivem: um ano depois, apresentou-as em Roma a muitos senhores, como afirma na primeira de suas Cartas ao Sr. Mark Welser, magistrado em Augsburg.” (Galilei, 2004, p. 429-430).

Pelo exposto anteriormente, vinte e dois anos após 1610, ano da publicação da obra (1632), Galileu continuava requerendo a primazia na constatação das manchas solares.

CONSIDERAÇÕES

Entendemos que, qualquer abordagem sobre a obra ou parte da obra de Galileu é uma tarefa árdua, haja vista a genialidade das suas conjecturas e elementos teóricos envolvidos. Por outro lado, enfrentar estudos dessa natureza é de importância ímpar para ir nos colocando em sintonia com as nuances dessa complexidade, as quais foram de importância ímpar para a aceitação do copernicanismo. Nessa perspectiva de entendimento, Kuhn (1990) assinala: “É essa a maior importância do trabalho astronômico de Galileu: popularizou a astronomia, e a astronomia que popularizou era copernicana” (p. 257).

Esperamos assim contribuir com provocações no sentido de trazer a baixa elementos da natureza da ciência envolvendo as construções de Galileu, e com isso, colaborando para uma educação científica menos dogmática e mais autêntica, notadamente, aproximando os envolvidos de aspectos relacionados a NdC, conforme sugeriu Allchin (2011).

REFERÊNCIAS

- Allchin, D. Evaluating Knowledge of the nature of Science. *Science Education*, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.
- Amaral, P.; Oliveira, C. E. Q. V. Astronomia nos Livros Didáticos de Ciências – Uma Análise do PNLD 2008. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, n. 12, p. 31-55, 2011.
- Copérnico, N. *As Revoluções dos Orbes Celestes*. Fundação Calouste Gulbenkian: Lisboa, 1984.
- Dame, B. Galilée et les taches solaires. In: *Revue d'Histoire des Sciences*, 19, p. (307-370), 1996.
- Évora, F. R. R. *A Revolução Copernicana – Galileana. A Revolução Galileana*. v. II. Editora da UNICAMP – Coleção CLE, Campinas: SP, 1984.
- Galilei, G. *Le opere di Galileo Galilei: edizione nazionale sotto gli auspici di Sua Maestà il Re d'Italia*. v. V, X, XI. Tradução Antônio Favaro, Firenze, 1995.
- _____. *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano*. 2 ed. Tradução de Pablo Rubén Mariconda. Discurso Editorial e Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo: SP, 2004.
- _____. *Ciência e Fé*. 2 ed. (revisada e ampliada), Editora UNESP, São Paulo: SP, 2009.
- _____. *O Mensageiro das Estrelas*. 2ed. Edição da Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2010.
- Kuhn, T. *A Revolução Copernicana*. Edições 70, Lisboa, 1990.
- Leitão, Henrique. *Estudos introdutórios. O Mensageiro das estrelas*. 2 ed. Tradução de



Henrique Leitão. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2010, p. (19-140).

Mariconda, Pablo R. Introdução ao diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano. In: Galileu, G. **Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano**. 2 ed. Tradução de Pablo Rubén Mariconda. São Paulo, SP: Discurso Editorial e Imprensa Oficial do Estado de São Paulo.2010, p. (15-70).

Monteiro, M. A.; NARDI, R. As contribuições de Galileu à astronomia nas abordagens de livros didáticos de física: uma análise na perspectiva da natureza da ciência. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 10, n. 1, 2015, p. 58-72.

Pimentel, J. R. Livros Didáticos de Ciências: A Física e Alguns Problemas. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 3, p. 308-318, 1998.

Stinner, A. *et. al.* The renewal of Case Studies in Science Education. **Science & Education**, v. 12, n. 12, p. 617-643, 2003.

Van Helden, A. Galileo and Scheiner on sunspots: a case study in the visual language of astronomy. In: **Proceedings of the American Philosophical Society**, v. 140, 1996, p. 358-396.

Videira, A. A. P. **As descobertas astronômicas de Galileu Galilei**. Vieira & Lent Casa Editorial Ltda, Rio de Janeiro: RJ, 2009.