

## PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CONFIGURAÇÕES PLANETÁRIAS EM SALA DE AULA

*Hualan Patrício Pacheco*<sup>1</sup>

**Resumo:** O estudo das configurações planetárias é elucidativo sobre aspectos importantes dos movimentos relativos entre astros e também sobre a demonstração da validade de leis fundamentais da Astronomia. As Leis de Kepler, que tratam de órbitas planetárias, razões harmônicas e das relações entre velocidades e áreas, podem ser postas à prova através do estudo das posições relativas entre os planetas inferiores e superiores e a Terra. Apresentamos uma proposta didática para o ensino dos conceitos de configurações planetárias inferiores e superiores em sala de aula permitindo a extração de dados e conclusões sobre o Sistema Solar. Aqui temos como base as aproximações de órbitas circulares e relações de proporção comumente utilizadas na descrição das dimensões planetárias. Um exemplo do êxito alcançado é a medição do ângulo de elongação que apresentou valores que concordam com os dados reais, através de modelos simples foi possível obter dados concretos com materiais que tem baixo custo, possibilitando o aprendizado ativo e significativo.

**Palavras-chave:** Proposta Didática; Configurações planetárias; Leis de Kepler.

## PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE CONFIGURACIONES PLANETARIAS EN SALA DE CLASE

**Resumen:** El estudio de las configuraciones planetarias es esclarecedor a respecto de aspectos importantes de los movimientos relativos entre astros y también de la demostración de la validez de leyes fundamentales de la Astronomía. Las Leyes de Kepler, que tratan de órbitas planetarias, razones armónicas y de las relaciones entre velocidades y áreas, pueden ser puestas a prueba a través del estudio de las posiciones relativas entre los planetas inferiores y superiores y la Tierra. Presentamos una propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de configuraciones planetarias inferiores y superiores en el aula permitiendo la extracción de datos y conclusiones sobre el Sistema Solar. Aquí tenemos como base las aproximaciones de órbitas circulares y relaciones de proporción comúnmente utilizadas en la descripción de las dimensiones planetarias. Un ejemplo del éxito alcanzado es la medición del ángulo de elongación, que presentó valores que concuerdan con los datos reales, a través de modelos simples fue posible obtener datos concretos con materiales que tienen bajo costo, posibilitando el aprendizaje activo y significativo.

**Palabras clave:** Propuesta didáctica; Configuraciones planetarias; Leyes de Kepler.

## DIDACTIC PROPOSAL FOR THE TEACHING OF PLANETARY CONFIGURATIONS IN CLASSROOM

**Abstract:** The study of planetary configurations is elucidative on important aspects of relative movements between stars and on demonstrating the validity of fundamental laws of astronomy. Kepler's Laws dealing with planetary orbits, harmonic ratios, and the relationships between speeds and areas can be tested by studying the relative positions between the lower and upper planets and the Earth. We present a didactic proposal for the teaching of the concepts of lower and upper planetary configurations in the classroom allowing the extraction of data and conclusions about the Solar System. Here we have the basis of the approximations of circular orbits and proportion ratios commonly used in the description of planetary dimensions. An example of the achieved success is the measurement of the elongation angle

---

<sup>1</sup> Instituto Federal, de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Brasil.  
E-mail: hualan.pacheco@ifro.edu.br.

that presented values that agree with the current data, through simple models it was possible to obtain concrete data with materials that have low cost, allowing the active and significant learning.

**Keywords:** Didactic Proposal; Planetary configurations; Kepler's Laws.

## 1 Introdução

A prática da Astronomia tem papel importante na formação humana desde os primórdios das civilizações e dos indivíduos, podemos encontrar em diversas bibliografias que a motivação desta Ciência pousava na determinação das estações do ano e no período para o plantio e colheita, na medida da duração de ciclos lunares e solares e outros aspectos de igual importância sociocultural (RENNER, 2018).

Para Fares *et al.* (2004) a concepção das constelações é diretamente influenciada pela vivência cultural de cada região, sendo subjetiva e reveladora do conjunto de valores e crenças de uma sociedade.

As constelações, por exemplo, demonstram o quanto a subjetividade do olhar influenciado pelo contexto cultural é preponderante para a formação das estruturas sociais responsáveis pela elaboração e sistematização das diversas formas de conhecimentos que irão nortear a vida dos sujeitos sociais de uma dada sociedade. Quando as pessoas olham para o céu e criam símbolos para resolver seus problemas cotidianos, ocorre aí a exteriorização de todo um universo cultural e imaginário. Portanto, as constelações, para quem as criou e para os povos que delas faziam uso, podem ser entendidas não só como um agrupamento de estrelas, mas como a representação simbólica de um conjunto de valores, crenças e costumes próprios de cada sociedade (FARES *et al.*, 2004, p. 78).

Ainda no embate de questões socioculturais ligadas as concepções iniciais da Astronomia somos remetidos ao guia escrito por Langhi (2016, p. 21) que traz constelações que foram nomeadas pelos indígenas brasileiros e que serviam para perpetuação da cultura e definição de estações anuais, dentre as quais podemos destacar a do Cervo (outono), da Ema (inverno), da Anta (primavera) e a do Homem Velho (verão), sendo esta última composta por partes das constelações de Touro e Órion que foram nomeadas com base em lendas de civilizações e culturas antigas.

Nos dias atuais a delimitação das estações através da visualização das constelações no céu torna-se trabalho puramente desnecessário do ponto de vista social e tecnológico, já que é grande o número de dispositivos que permitem o acesso a estas informações. No entanto é visto que a motivação/aplicação da Astronomia na sociedade atual vai além das definições cíclicas, climáticas e temporais. Servindo-se do conhecimento produzido por diversas Ciências podemos observar nesta a possibilidade de verificação da aplicação de Leis Matemáticas, Físicas e Químicas, bem como da aplicação de convenções geográficas e conhecimentos sócio-históricos.

De acordo com os parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+) os conceitos relacionados à Astronomia estão aglutinados naqueles definidos como *Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias*, sendo, portanto pulverizados em várias disciplinas com o intuito de mostrar a vasta gama de transversalidade desta disciplina.

No âmbito da Física os PCN+ trazem a Astronomia referindo-a na unidade temática “Universo, Terra e vida”, sendo ressaltada a necessidade de compreensão das “[...] interações gravitacionais, identificando forças e relações de conservação, **para explicar aspectos do movimento do sistema planetário**, cometas, naves e satélites. (BRASIL, 2012, p. 80, grifo nosso). Somos então remetidos aos tópicos mais comuns de Leis de Gravitação Universal e de Kepler que classicamente já pertenciam aos tópicos desta disciplina curricular praticados em sala de aula.

Propostas didáticas para a abordagem das Leis de Kepler em sala de aula ressaltam a formação de um pensamento científico e crítico, bem como o conhecimento da aplicação de certos princípios da Física e de outras disciplinas. A análise de dados astronômicos obtidos de maneira experimental, bem como a aplicação de conceitos abordados em geometria podem permitir com que seja reforçada a formação de futuros cientistas, bem como o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa (GARMS; CALDAS, 2018).

As propostas didáticas para a abordagem das órbitas de planetas dadas pelas Leis de Kepler são inúmeras e de grande valor didático, tais como em (DUTRA; GOULART, 2014; MORGADO; SOARES, 2015), no entanto em termos literários pouco tem sido trazido sobre propostas educacionais para o ensino das configurações planetárias. Alguns compêndios são de grande ajuda na verificação e estudo destas posições relativas entre Sol, Terra e outros planetas, mas sempre trazem resumos limitados destas configurações e, em muitos casos, nenhuma prática didática no sentido esclarecedor do tema.

Em pesquisas sobre o tema somos levados ao trabalho recente de Lima Filho *et al.* (2016) que trata especificamente do movimento retrógrado de planetas e que é inspirador no sentido de permitir com que novas propostas sejam adequadas ao modelo sugerido. A utilização de modelos representacionais (no sentido abstrato da palavra) é comum na ciência e podem constituir uma *prototeoria* que permite com que sejam explicados certos fenômenos e também com que previsões futuras sejam verificadas.

Temos ainda os modelos representacionais concretos ou físicos e que são definidas de forma direta. Neste aspecto podemos ressaltar Bezerra (2011), que traz uma definição simples destes termos.

Os modelos concretos ou físicos, que procuram reproduzir em um suporte material algo da configuração geométrica e das proporções do objeto original (por exemplo, uma esfera armilar, um planetário, um protótipo em escala para ensaios em túnel de vento, uma maquete arquitetônica) (BEZERRA, 2011, p. 587).

A proposta abordada neste trabalho é baseada na definição de modelos representacionais concretos, no entanto temos aqueles que são ditos simbólicos, definidos através de figuras como a que é mostrada em Dutra e Goulart (2014), onde é dada uma representação gráfica destas configurações planetárias. A necessidade de tornar significativa a experiência do estudo deste tema através de um material potencialmente significativo é evidente e necessária e neste sentido observamos a potencialidade de um material que seja potencialmente significativo, tal como assevera Moreira (2011).

É no curso da aprendizagem significativa que o significado lógico do material de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o sujeito. [...] a aprendizagem significativa é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento (MOREIRA, 2011, p. 26).

Com base nestes argumentos é que fomos levados ao desenvolvimento de um modelo representacional concreto, uma atividade lúdica, que tem como objetivo a abordagem das configurações planetárias superiores e inferiores, com vista no desenvolvimento das ideias de Quadraturas Ocidental e Oriental, Conjunção, Oposição e Máxima Aproximação, bem como a verificação das diferenças entre as duas últimas na adoção de uma órbita circular ou elíptica proposta por Kepler.

## **2 As Configurações Planetárias: Uma abordagem preliminar.**

Podem se classificar os planetas conforme a abordagem que esteja sendo dada ao entendimento do Sistema Solar. Do ponto de vista da composição química podemos colocar em cena duas classificações possíveis: Rochosos (Telúricos) ou Gasosos (Jovianos).

Os quatro primeiros planetas em ordem de distância a partir do Sol são tidos como Rochosos, desta maneira Mercúrio, Vênus, Terra e Marte, tem em sua composição materiais quimicamente mais pesados, ao passo que os planetas a partir da órbita de Marte têm sua característica predominantemente gasosa, sendo assim Júpiter, Saturno, Urano e Netuno são planetas que estão na classe dos Gasosos.

Estas características as vezes permitem denominações tais como, Planetas Gigantes Gasosos ou Planetas Rochosos e neste aspecto convém ressaltar que aspectos referentes à composição dos planetas são importantes para o estudo das suas formações e do Sistema Solar de maneira geral, tal como resalta Sparrow (2018, p. 21).

Para os propósitos geométricos, tais como o movimento retrógrado dos planetas ou a máxima alongação cabe distingui-los com relação ao raio da órbita ou sua posição no Sistema Solar a partir do Planeta Terra e do Sol. A esta característica ressaltam-se duas classificações: os Planetas Superiores e Inferiores.

Nas palavras de Oliveira Filho e Saraiva (2017) os planetas inferiores podem ser definidos como:

Planetas Inferiores: Mercúrio e Vênus. Têm órbitas menores do que a órbita da Terra. Os dois planetas estão sempre próximos do Sol. [...] Por essa razão, eles só são visíveis ao anoitecer, logo após o pôr-do-sol (astro vespertino), ou ao amanhecer, logo antes do nascer do Sol (astro matutino) (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2017, p. 56).

Para Mercúrio e Vênus é observada a possibilidade de trânsito destes planetas pela linha de visada do Sol para um observador na Terra. Para Vênus observamos, de acordo com Santos e Amorim (2017), que o trânsito planetário ocorre apenas quatro vezes em 243 anos, tendo em vista a diferença de  $3,4^\circ$  com relação aos planos das órbitas da Terra e deste ao redor do Sol. O trânsito, eclipse ou ocultação são essencialmente o mesmo fenômeno astronômico (interposição de um astro sobre outro

para um dado observador) e permitem com que dados importantes sejam extraídos, tendo sido utilizado largamente na detecção de exoplanetas nos últimos anos.

Sobre as configurações planetárias podemos distinguir três possíveis pontos de relevância para os planetas inferiores com relação a um observador na Terra.

**A Máxima Elongação:** É a maior distância angular entre o planeta inferior e o Sol. Esta configuração pode ainda ser classificada em Máxima Elongação Ocidental e Oriental, na primeira o planeta é visto ao amanhecer, portanto está a oeste do Sol, enquanto que na segunda é visto ao anoitecer estando à leste do Sol.

**Conjunção Inferior:** O planeta inferior está na mesma linha de visada do Sol, não necessariamente ocorrendo o trânsito planetário. Neste momento o corpo celeste está mais próximo da Terra do que da nossa estrela, mas a sua visualização é dificultada.

**Conjunção Superior:** Novamente o planeta inferior está na mesma direção do Sol, porém agora mais distante da Terra do que o Sol, a ocultação do planeta pelo Sol pode ocorrer nestes momentos, mas a visualização deste fenômeno é impossibilitada.

A configuração restante trata dos planetas superiores, e neste aspecto a definição de Oliveira Filho e Saraiva (2017), nos informa:

Planetas Superiores: Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno e Plutão. Tem órbitas maiores do que a da Terra. Podem estar a qualquer distância angular do Sol, podendo ser observados no meio da noite (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2017, p. 57).

Também é possível distinguir três configurações planetárias possíveis, sendo algumas delas distintas às que foram apresentadas para os Planetas Inferiores, são elas:

**Conjunção:** O planeta superior está na mesma direção do Sol e mais próximo dele do que da Terra, portanto ocupa o céu somente no período diurno, neste momento o astro nasce e tem ocaso aproximadamente no mesmo instante em que a nossa estrela.

**Oposição:** O planeta superior está na direção contrária ao Sol e está mais próximo do Planeta Terra. Aparece durante todo o período noturno, ou seja, o corpo celeste habita o céu visível somente no período noturno.

**Quadratura:** O planeta superior está a leste (oriente) ou oeste (ocidente) do Sol, sendo no primeiro caso a chamada Quadratura Oriental enquanto no segundo temos a Quadratura Ocidental. Observa-se que na Quadratura Oriental o planeta estará próximo ao Zênite quando o Sol estiver se pondo e inversamente (próximo ao zênite quando o Sol estiver nascendo) no momento da quadratura ocidental.

Vemos que a posição ocupada pelos planetas no firmamento é o aspecto que permite com que as configurações planetárias sejam nomeadas e distinguidas. Esta diferenciação é particularmente importante no trato das quadraturas, tal como foi mencionado na definição do parágrafo anterior em que distinguimos quadratura oriental de quadratura ocidental.

Observa-se que a Conjunção e a Conjunção Superior são configurações análogas, tendo em vista que próximo deste ponto o planeta superior/inferior está mais distante da Terra do que do Sol e sua visualização no céu é dificultada. Próximo da oposição temos os pontos de melhor observação planetária o que muitas vezes é

confundido com a máxima aproximação do planeta com relação à Terra. Algumas destas configurações planetárias serão exploradas na proposta didática desenvolvida, é através do estudo destas práticas que podemos despertar o espírito crítico e científico no âmbito da Astronomia e outras ciências de igual valor.

### **3 A Proposta Didática**

#### **a. Materiais utilizados**

No decorrer da prática didática que sugerimos a presença de alguns materiais que são utilizados com bastante frequência, todos sendo de fácil acesso e baixo custo aos docentes que se proporem à reprodução da proposta para o ensino dos conceitos de configurações planetárias. Uma listagem geral será apresentada a seguir, no entanto para cada configuração alguns dos materiais não serão utilizados.

1. Isopor (15mm);
2. Alfinetes com cabeça;
3. Alfinetes sem cabeça (n° 29);
4. Sulfite/Papel Milimetrado;
5. Régua;
6. Linha;
7. Lápis;
8. Estilete;
9. Bolinhas de isopor (25mm);
10. Transferidor;
11. Compasso (opcional).

Separamos a apresentação das práticas indo desde as configurações dos planetas inferiores aos planetas superiores, desta maneira percorreremos um caminho de entendimento que vai desde a elongação máxima até aos aspectos relacionados à oposição e máxima aproximação.

#### **b. Desenhando círculos e elipses: o método do jardineiro.**

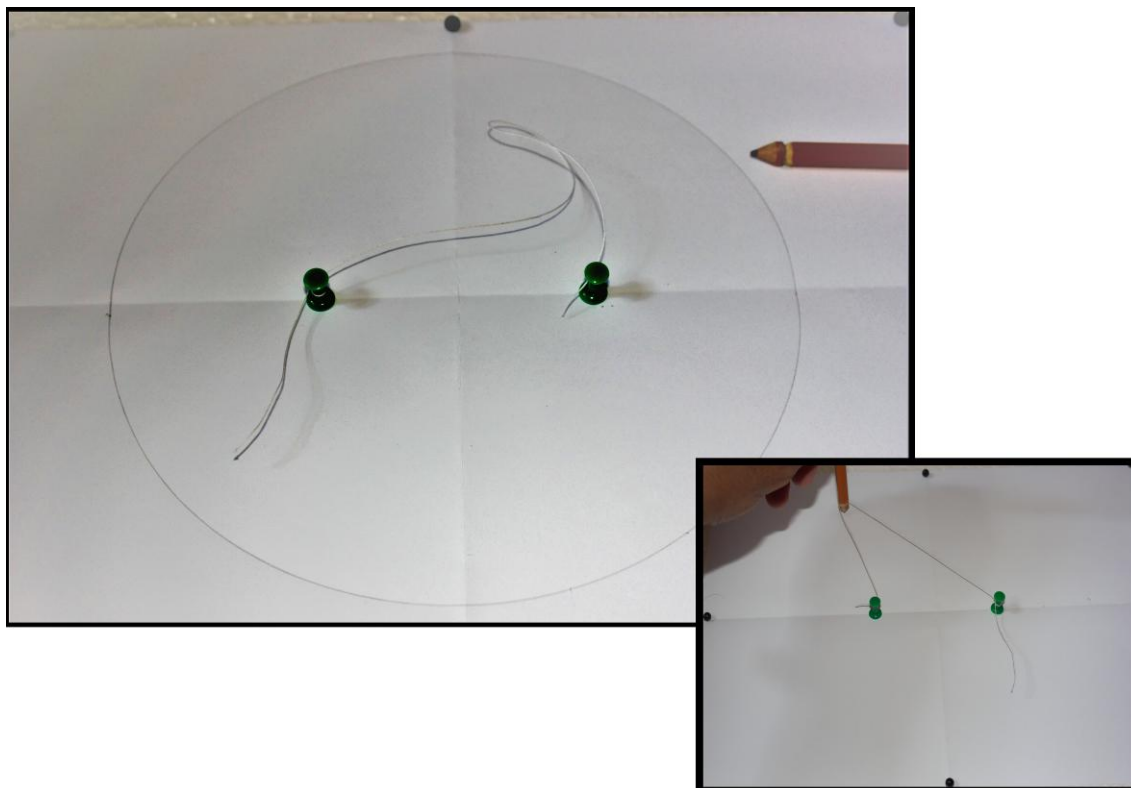
As órbitas reais de planetas do nosso Sistema Solar são elipses com baixa excentricidade, ou seja, pouco achatamento. Caso este parâmetro para a órbita terrestre fosse muito maior do que é veríamos facilmente o Sol com progressiva(o) diminuição (aumento) do tamanho *do disco solar* aparente ao nos afastarmos do periélio e nos aproximarmos do afélio (ao nos afastarmos do afélio e nos aproximarmos do periélio), no entanto esta característica passa despercebida pelos olhos humanos desarmados de instrumentos de medida.

Formas de medir a excentricidade da órbita terrestre são apresentadas por Almeida (2013), que obteve o resultado de 0,0179, próximo do valor atualmente determinado, de 0,0167. É comum utilizarmos valores muito grandes de excentricidade para representar esquematicamente órbitas planetárias, no entanto dentre todos os planetas aquele que apresenta maior excentricidade é Mercúrio com 0,2 de excentricidade.

Para desenhar as órbitas somos levados ao *método do jardineiro* descrito em Canalle (1994) e Canalle (2003) que ressalta as diferenças entre órbitas reais e representativas dos planetas do Sistema Solar. Este método faz o uso de dois pontos fixos (estacas, alfinetes ou outros), que são geometricamente os focos da elipse, ali são amarrados fios que indicarão a distância do objeto marcante da trajetória (hastes, canetas e outros).

Podemos proceder o desenho das figuras geométricas que comporão as representações de órbitas dos planetas com a fixação do papel sulfite ao isopor através dos alfinetes com cabeça. Separe dois pontos equidistantes do centro da folha, que deve ser marcado previamente através de dobraduras. Estes dois pontos, que se situam sobre o eixo maior da folha, serão os focos da elipse. Após isso a construção de uma elipse deve ser feita mantendo o lápis sempre no mesmo ângulo com relação ao plano do papel e mantendo o fio, que fora fixado aos alfinetes, esticado. O Estilete (Item 8) pode ser usado para criar uma cavidade no lápis próximo de sua ponta permitindo com que a linha utilizada se mantivesse firme próxima à ponta.

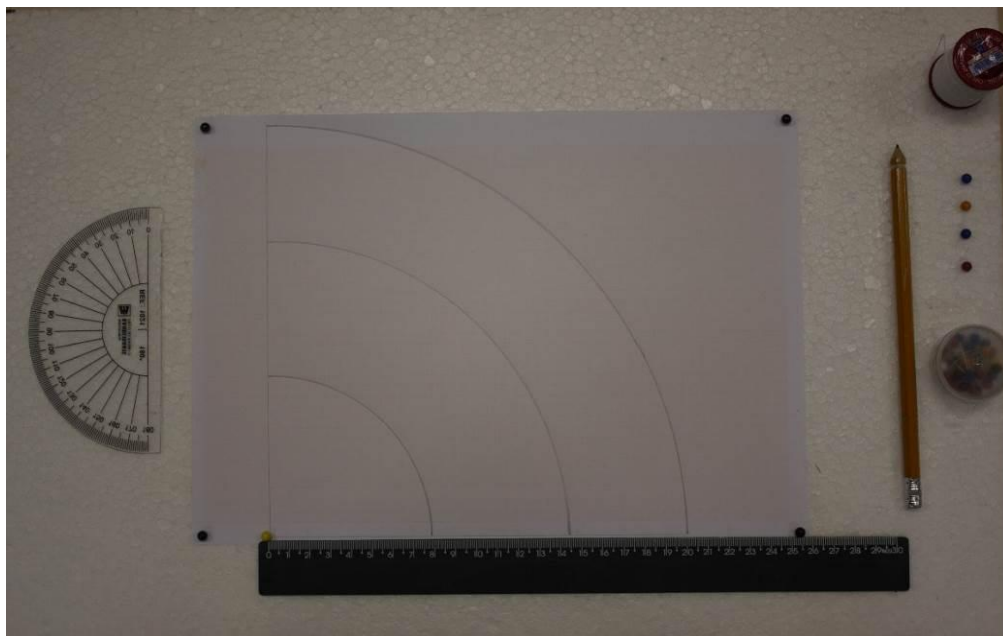
Utilizamos o método também para a construção de círculos, o que pode permitir a substituição do compasso e baratear ainda mais a proposta didática. Na Figura 1 mostramos o que foi descrito acima, bem como uma destas figuras geométricas concluídas.



**Figura 1** - Método de construção de elipses através do método do jardineiro, os focos são alfinetes com cabeça, que permitem com que a linha seja amarrada e posicionada na cavidade do lápis. Após isto a inscrição da elipse deve ser realizada com o lápis sempre no mesmo ângulo com relação ao plano do papel.

### c. Medida do Ângulo de Máxima Elongação de Acordo com uma aproximação Circular

A máxima elongação é uma definição que é aplicável aos planetas inferiores, sendo dada como a separação angular máxima do planeta com relação ao Sol visto a partir da Terra, tal como verificamos anteriormente. Para a realização desta atividade serão necessários os itens que aparecem na Figura 2.



**Figura 2** - Materiais utilizados na proposta didática: Isopor (item 1), Alfinetes com cabeça (item 2), Papel Milimetrado (item 4) Régua (item 5), Linha (item 6), Lápis (item 7), Transferidor (item 10).

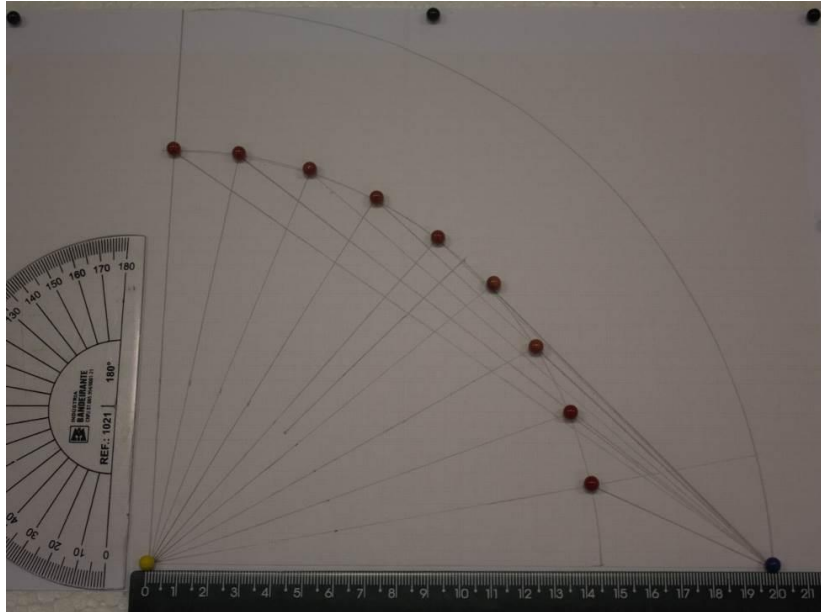
Na Figura 2 foram desenhadas três das órbitas circulares que permitem com que possamos representar, de maneira aproximada, as órbitas reais dos planetas. Estas podem ser construídas utilizando o método do jardineiro ou um compasso simples, sendo duas dos planetas inferiores e uma referente a Terra que tem proporção de 1UA (Unidade Astronômica) para 20cm, desta maneira, de acordo com Oliveira Filho e Saraiva (2017, p. 57) as órbitas de Mercúrio, Vênus e Terra terão respectivamente 7,8cm, 14,4cm e 20,0cm aproximadamente e estes valores são tomados de acordo com a distância média do planeta ao redor do Sol.

Inicialmente a órbita de Vênus será marcada entre os ângulos de  $0^\circ$  até  $90^\circ$  sempre com intervalos de  $10^\circ$ , o Planeta Terra será fixado na linha de  $0^\circ$  (ou  $90^\circ$ ) de onde partirão linhas até as marcações feitas sobre a órbita venusiana. Ao fazermos isso observaremos que todas as retas tocarão em dois pontos da órbita (aquelas referentes as marcações menores que  $45^\circ$ , caso sejam prolongadas, também tocarão em dois pontos da órbita de Vênus) não sendo portanto tangentes a trajetória circular descrita.

A partir disto observaremos que a linha que maximiza a elongação, é aquela que é tangente a órbita do planeta em questão. A Figura 3 ilustra o que foi colocado até então (Vênus é denotado pelo alfinete vermelho), onde, para melhor visualizarmos os



argumentos descritos acima, não apresentamos a órbita de Mercúrio que seria mais interna.



**Figura 3** - Marcação de ângulos referentes a órbita de Vênus e retas partindo da órbita terrestre, totalizando nove retas, permitindo perceber que a reta tangente a órbita é aquela que maximiza o ângulo de elongação do planeta a partir da órbita terrestre.

Com base nos argumentos de Muniz Neto (2013, p. 105) e através de uma transposição para o problema aqui abordado, o raio da órbita do planeta inferior é perpendicular à reta tangente que passa pela circunferência descrita por ele ao redor do Sol, tal como podemos ver na linguagem do autor:

Dizemos que um círculo **A** e uma reta **r** são tangentes ou, ainda, que a reta **r** é tangente ao círculo **A**, se **r** e **A** tiverem exatamente um mesmo ponto **P** em comum. Nesse caso, **P** é denominado o **ponto de tangência**. [...] Proposição: Sejam **A** um círculo de centro **O** e **P** um ponto de **A**. Se **t** é a reta que passa por **P** e é perpendicular a **OP**, então **t** é tangente a **A** (MUNIZ NETO, 2013, p. 105).

Assim observamos a formação de um triângulo retângulo durante a máxima elongação, em que a distância do planeta inferior ao Sol é o cateto oposto e a distância do Planeta Terra ao Sol é a hipotenusa. Calcular ângulos nesses triângulos é assunto simples e fácil, sendo encontrados os valores através de uma calculadora que esteja habilitada para o tratamento destas grandezas.

Para a aproximação com órbitas circulares, tendo em vista que utilizamos os valores do semieixo médio para as órbitas dos três planetas envolvidos, obtivemos resultados que se aproximaram da média das máximas e mínimas elongações. Estes valores podem ser calculados de acordo com os dados que são mostrados na Tabela 1 para as distâncias dos respectivos planetas com relação ao Sol. No entanto, para casos reais em que os planetas descrevem órbitas elípticas ao redor do sol, teríamos valores que flutuariam em torno da média. No limite, a Terra se encontraria no periélio enquanto o planeta inferior estaria no afélio, dando assim um ângulo máximo da

máxima elongação (para o caso oposto teríamos um ângulo mínimo para a máxima elongação).

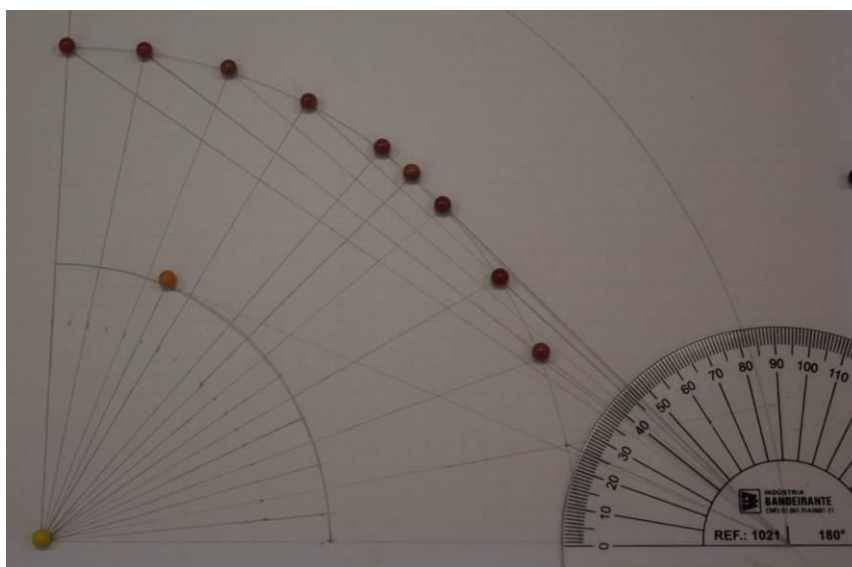
Planeta	Distância Mínima (UA)	Distância Máxima (UA)	Distância Média (UA)
Mercúrio	0,3075	0,4667	0,3871
Vênus	0,7184	0,7282	0,7233
Terra	0,9833	1,0176	1,0000

**Tabela 1** - Distâncias Máximas, médias e Mínimas dos planetas com relação ao Sol.

Com os dados da Tabela 1 podemos obter os intervalos referentes às máximas elongações de Mercúrio, sendo  $17,6^\circ$  (arco seno da razão entre a distância mínima de Mercúrio e a distância máxima da Terra ao Sol) e  $28,3^\circ$  (arco seno da razão entre a distância máxima de Mercúrio e a distância mínima da Terra ao Sol) e também para Vênus, nos dando  $44,9^\circ$  (arco seno da razão entre a distância mínima de Vênus e a distância máxima da Terra ao Sol) e  $47,8^\circ$  (arco seno da razão entre a distância máxima de Vênus e a distância mínima da Terra ao Sol).

Com a utilização desta atividade e da concordância dos dados obtidos através dela com as elongações reais apresentadas nas bibliografias consultadas, observa-se que o docente pode extrapolar a ideia e verificar a possibilidade de calcular a máxima elongação da Terra para um suposto morador do Planeta Marte, já que de acordo com a perspectiva marciana o Planeta Terra é um planeta inferior. A atividade pode ainda explorar as definições de Máxima Elongação Oriental e Ocidental, introduzindo os mesmos artifícios que serão colocados adiante quando tratarmos de Quadratura Oriental e Ocidental.

Na Figura 4 observa-se a inclusão do Planeta Mercúrio (alfinete alaranjado) que não foi incluído na Figura 3, bem como as medidas realizadas através do transferidor, bem como o Planeta Vênus e todas as retas traçadas.



**Figura 4** - Sol (bolinha amarela), Mercúrio (bolinha laranja) e Vênus (bolinha vermelha) – A primeira medida resultando em  $23,5^\circ$  de Máxima Elongação (para Mercúrio) e a segunda medida através do mesmo transferidor resultando em  $46^\circ$  aproximadamente (para Vênus).

Este resultado já era conhecido na época de Nicolau Copérnico (1473 - 1543), e servia para descrever a órbita dos planetas internos através de proporções com relação a órbita da Terra. Podemos encontrar argumentações precisas sobre o tema em Pires (2011, p. 88) e Nussenzeig (2002, p.191).

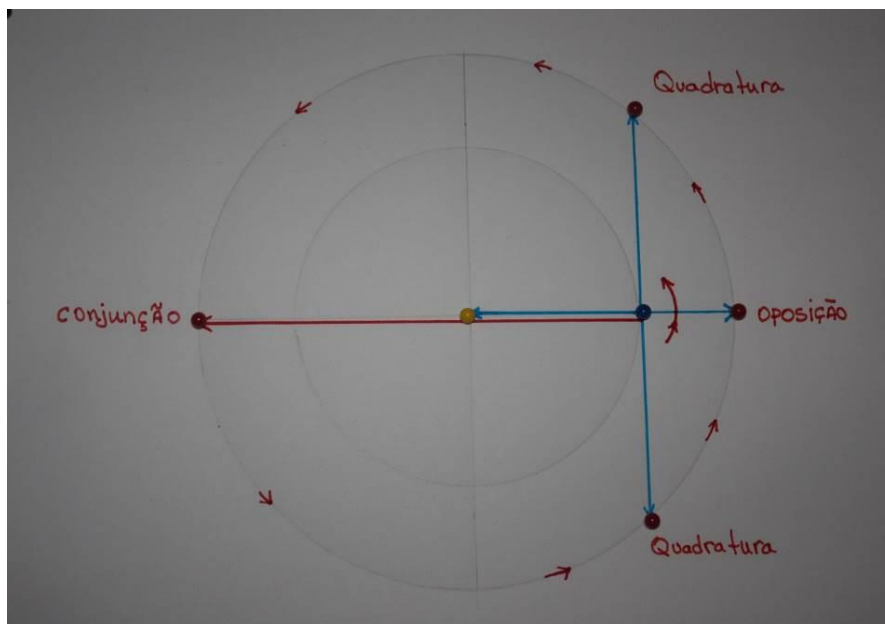
Os planetas internos nunca serão observados muito afastados do Sol, permanecendo sempre dentro de um ângulo máximo  $\theta$  da linha que vai da Terra ao Sol, onde  $\theta$  é da ordem de  $22,5^\circ$  para Mercúrio e de  $46^\circ$  para Vênus (NUSSENZVEIG, 2002, p.191).

Novamente observamos a concordância dos dados obtidos na proposta didática com os valores reais que foram calculados historicamente. Permitindo com que o discente estabeleça as bases para a inclusão do espírito científico da época dos primeiros astrofísicos e astrônomos modernos.

#### d. Conjunção, Oposição e Quadratura: O Posicionamento no Modelo Bidimensional

A apresentação das configurações, de Conjunção, Oposição e Quadratura, pode ser feita em uma única atividade com o intuito de realizar a diferenciação entre as quatro formas de posicionamento do planeta em relação ao Sol no céu. Aqui incluímos a diferenciação entre Quadratura Oriental e Ocidental que devem ser trazidas ao discente de maneira detalhada.

A Conjunção é tida como o ponto em que o planeta fica mais próximo do Sol do que da Terra, sendo esta a principal característica que deve ser ressaltada no decorrer da proposta que apresentamos, quando aplicada em sala de aula. O discente pode realizar a medida comparativa desta configuração planetária com aquela referente a oposição em que as aproximações se invertem. A Figura 5 mostra o resultado do modelo representativo e algumas nuances que foram comentadas anteriormente.



**Figura 5** - Configurações planetárias de Conjunção, Oposição e Quadratura Ocidental e Oriental para órbitas circulares.

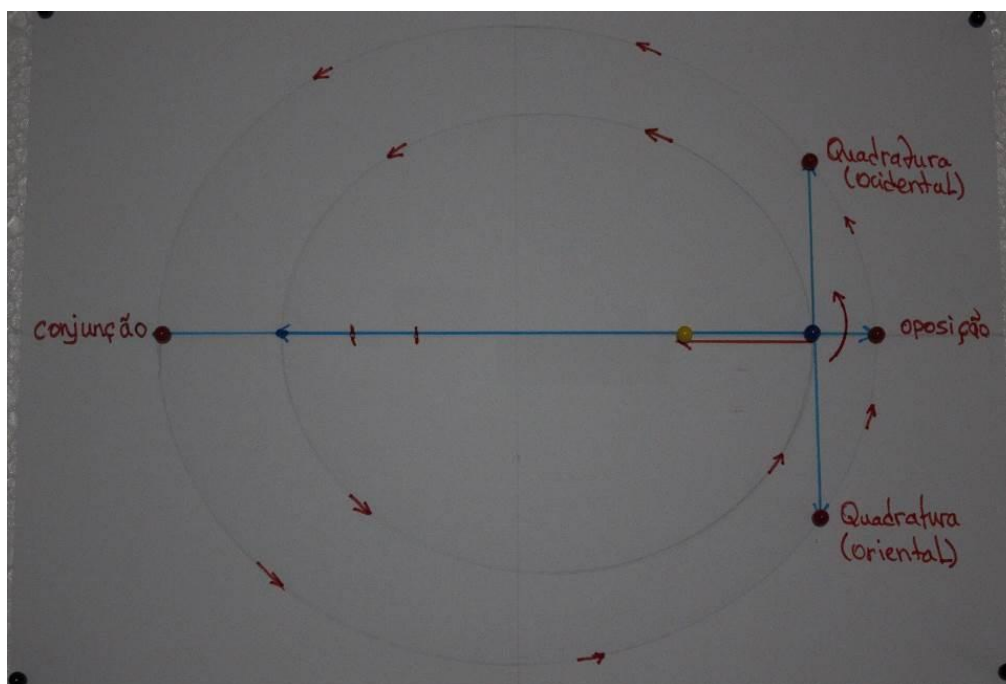
O modelo que foi mostrado destaca o fato de terem sido inscritas órbitas circulares que são meras aproximações das elípticas. Estas definições das trajetórias planetárias ao redor do Sol em formato de Elipse podem ser exploradas de forma a tornar o aluno familiarizado com os conceitos de configurações planetárias, em especial ao confronto da Oposição com a máxima aproximação.

Em alguns momentos podemos observar uma certa confusão por parte dos discentes no entendimento e diferenciação do conceito de máxima aproximação e oposição, é possível verificar alunos que no decorrer das atividades de construção das configurações planetárias observe que o ponto em que o planeta se aproxime mais da Terra é exatamente no momento da Oposição.

Para órbitas desenhadas em formato circular, caso assim o fossem, o dia da oposição seria exatamente o dia da máxima aproximação entre os dois planetas que estejam nesta configuração. No entanto, como já vimos, as órbitas são elípticas e mais complexas do que são mostradas nos livros de ensino médio de nossas escolas, não estando no mesmo plano e defasadas (afélio e periélio não estão no mesmo eixo).

No ano de 2018 a oposição entre Marte e Terra ocorreu no dia 26 de julho (LANGHI, 2016, p. 50) enquanto a máxima aproximação ocorreu no dia 31 do mesmo mês (NASA, 2018). Os 56,7 milhões de quilômetros que separavam os dois planetas nesta ocasião não ocorreram no mesmo dia. Isto deve ser ressaltado pelo docente no ato da realização da atividade para que seja desmistificada/desvinculada as ideias de Oposição e Máxima Aproximação.

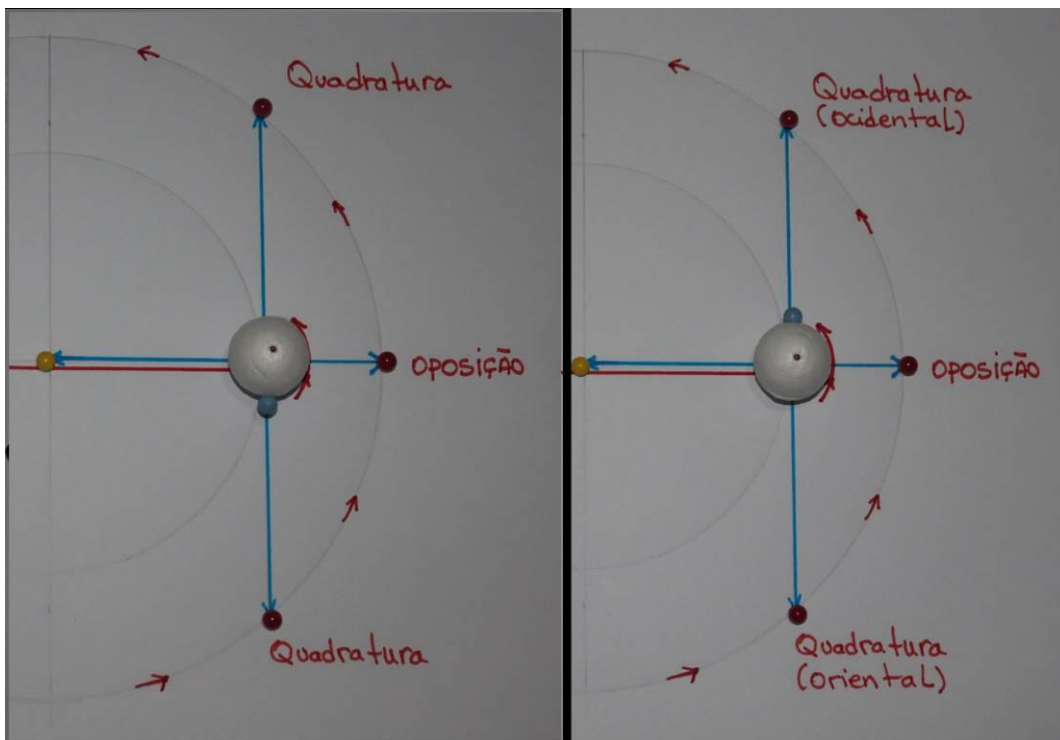
A Figura 6 mostra o resultado que foi obtido ao realizarmos a inscrição das elipses com excentricidades exageradas, tendo em vista que a colocada aqui é muito maior que as que se apresentam na realidade do nosso sistema planetário.



**Figura 6** - Visualização das configurações planetárias através de órbitas elípticas exageradas, sendo conjunção, Oposição e Quadratura Ocidental e Oriental.

Observamos a da medida das distâncias (através do comprimento da seta) entre o alfinete que representa o planeta em conjunção/oposição (alfinete vermelho) e o alfinete que representa o Sol, bem como a medida do elemento representativo com relação ao da Terra no ponto de oposição. Neste sentido é possível ao aluno verificar a afirmação de definição das distâncias tratadas nos livros didáticos, o que pode tornar a atividade mais significativa para o aprendizado.

Ao incrementarmos em qualquer um dos sistemas que foram mostrados nas Figura 5 e Figura 6 o sentido de translação e rotação da Terra podemos simular e aplicar o conceito para definir qual das duas quadraturas são representativas da ocidental ou oriental que foram definidas anteriormente. Para isto é necessária uma pequena bolinha de isopor que deverá ser espetada com Alfinete sem cabeça (item 03) e, perpendicularmente, por um alfinete com cabeça, com o intuito de marcar o ponto que representa o observador do ocaso ou nascer do Sol e o ponto que deverá ser o zênite na bolinha de isopor. A Figura 7 nos mostra o resultado obtido para o que foi descrito.



**Figura 7** - Representação do observador e do sentido de rotação e translação do planeta Terra, com o intuito de definir e diferenciar as duas Quadraturas possíveis.

Ao fixarmos a bolinha no ponto do alfinete que representava o planeta Terra e fazermos a rotação no mesmo sentido desta poderemos observar em qual das posições o planeta está na mesma linha do alfinete com cabeça que foi fincado na bolinha enquanto o Sol nasce definindo assim a quadratura oriental. Em seguida a definição da quadratura Ocidental é automática devendo o discente apenas continuar a rotação da bolinha de isopor e a verificação do nascer do Sol enquanto o planeta está na região próxima ao zênite.

#### 4 Considerações Finais

Por força de legislação observamos que os conteúdos de Astronomia têm sido pulverizados em todas as linhas de conhecimento escolar, indo desde a Física e Matemática até aos aspectos humanísticos de formação da sociedade e da humanidade de maneira geral. O que parecia ser uma grande perda tem se tornado a fortaleza desta disciplina, já que, tendo uma abrangência tão grande é de se esperar que os mais variados gostos se atraiam para o seu estudo. Desta forma as atividades como a proposta aqui tem o intuito de fazer com que o discente de ensino básico, ou de cursos de formação de professores, visualizem mais facilmente os conteúdos tratados pela ciência dos astros.

O facilitador deve ser potencialmente significativo, no sentido de permitir a construção, no aspecto cognitivo, bem como a consolidação do conhecimento de acordo com o subsunçor existente no educando. Quanto a configuração de máxima elongação é de salutar a sua precisão com relação à média desta grandeza quando tomamos proporções dos raios das órbitas. A concordância numérica na atividade proposta pode ser explorada através de resoluções computacionais, que embora não tenham sido foco central do trabalho, ficam previamente determinadas pela conclusão obtida através da maximização do ângulo de máxima elongação através da reta tangente.

A colocação de todas as configurações planetárias na mesma maquete permitiu com que pudéssemos comparar as configurações de planetas no sistema solar e a obtenção de aspectos qualitativos que são tão marcantes nesse estudo, tais como a angulação entre o vetor que parte da terra em direção ao Sol e ao planeta em análise.

Por fim a verificação das definições de máxima aproximação e oposição podem permitir ao discente a verificação de aspectos importantes destas configurações, o confronto através de notícias e de medidas nas órbitas circulares e elípticas mostram, que, ambos, não são conceitos necessariamente iguais, cabendo assim uma diferenciação entre estes dois tópicos.

Aspectos didáticos não foram explorados, no entanto a utilização de todos os modelos apresentados como experimento de cátedra, divergente ou tradicional pode ser bem recebida desde que sejam preparados modelos em grande escala ou roteiros para as práticas dos discentes.

#### Referências

ALMEIDA, G. Um método simples e intuitivo para determinar a excentricidade da órbita da Terra, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p. 165-176, 2013.

BEZERRA, V. A. Estruturas conceituais e estratégias de investigação: modelos representacionais e instanciais, analogias e correspondência. **Scientiae Studia**, n. 3, v. 9, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. **Ensino Médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2012.

CANALLE, J. B. G. O Problema do Ensino da Órbita da Terra, **Física na Escola**, v. 4, n. 2, 2003.

CANALLE, J. B. G. O Sistema Solar numa representação teatral. **Caderno Catarinense de ensino de Física**, v. 11, n. 1, p. 27-32, 1994.

DUTRA, C. M.; GOULART, A. R. Determinando a forma da órbita de Marte no ensino médio, **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 18, p. 11-25, 2014.

FARES, E. A.; MARTINS, K. P.; ARAÚJO, L. M.; SAUMA FILHO, M. O Universo das sociedades numa perspectiva relativa: Exercícios de Etnoastronomia, **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 1, p. 77-85, 2004.

GARMS, M. A.; CALDAS, I. L. Síntese das Leis de Kepler. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 2, 2018. Disponível em: [www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172018000200416&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172018000200416&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 29 maio 2019.

LANGHI, R. **Aprendendo a ler o céu**: pequeno guia prático para a astronomia observacional. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

LIMA FILHO, J. B.; *et al.* Construção de uma maquete de sistema planetário como atividade auxiliar ao ensino de astronomia nos cursos de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 3, 2017. Disponível em: [www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172017000300604&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172017000300604&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 29 maio 2019.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 3, p. 25-46, 2011.

MORGADO, B. E.; SOARES, V. Construção geométrica da órbita de Marte pelo método de Kepler. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, 2015. Disponível em: [www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172015000101305&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172015000101305&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 29 maio 2019.

MUNIZ NETO, A. C. **Tópicos de Matemática Elementar**: Geometria Euclidiana Plana. 2. ed. Rio de Janeiro: SBM, 2013.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **Mars close approach to Earth**: July 31, 2018. Disponível em: <https://mars.nasa.gov/allaboutmars/nightsky/mars-close-approach>. Acesso em: 17 nov. 2018.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. 4. ed. São Paulo : Edgard Blücher, 2002. v. 1.

OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. 4. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

PIRES, A. S. T. **Evolução das Ideias da Física**. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

RENNER, G. L. P. Construção de uma maquete tridimensional fosforescente da constelação de Órion: uma proposta didática para o ensino de Astronomia. **Revista Latino-americana de Educação em Astronomia**, n. 25, p. 39-49, 2018. Disponível em: [www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/320](http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/320). Acesso em: 29 maio 2019.

SANTOS, W. C.; AMORIM, R. G. G. Descobertas de exoplanetas pelo método do trânsito. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 2, 2017. Disponível em: [www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172017000200408&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172017000200408&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 29 maio 2019.

SPARROW, G. **50 ideias de Astronomia que você precise conhecer**. São Paulo: Planeta, 2018.

---

Artigo recebido em 18/11/2018.

Aceito em 15/05/2019.