XII Jornada Científica
Os desafios da educação: Transversalidade da Ciência, Tecnologia e Inovação

Artigo original

A Nova Astronomia: as intensas contribuições de Galileu, Kepler e Newton

Luan Santos Lemos[1*], Ramon Alves dos Santos[1], Ian Lima Santana[1] e Valmir Henrique de Araújo[1]

[1] Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

*Autor correspondente (luan.santoslemos144@gmail.com)

Grupo Temático: Ensino e Formação de Professores

Resumo: *O desenvolvimento do pensamento puro e racional foi o maior triunfo angariado pela Ciência Moderna, o que nos deu a possibilidade de fazer análises lúcidas e coerentes dos fenômenos da natureza sem recorrer às hipóteses injustificadas e sem explicação. Com o apoio dessa nova forma de pensamento, os estudos dos fenômenos celestes foi exequível com o uso da razão e com isso foi possível resolver basicamente todos os principais questionamento e problemas levantados pelos gregos e ainda superar suas concepções de um universo limitado, expandindo as suas dimensões para além do imaginável. Os passos decisivos para essas novas concepções de mundo vieram à tona a partir dos desdobramentos da revolução científica, tendo como nomes mais recorrentes Galileu, Kepler e Newton, que fundamentaram as bases dessa nova Astronomia. Neste trabalho, com metodologia descritiva, fazemos uma descrição destes desdobramentos por um viés histórico e apontamos as intensas contribuições de Galileu, Kepler e Newton para a nova Ciência Astronomia, se tornando uma Ciência Moderna.*

Palavras-chave: Astronomia. Ciência. Eventos Celestes. Fenômenos.

1 Introdução

Os problemas astronômicos tiveram grande importância e notoriedade no processo de desenvolvimento das ciências naturais. Segundo Evangelista (2011), desde os primórdios da civilização humana, o ser humano tem se preocupado em entender os eventos astronômicos tentando encontrar os princípios fundamentais que regem os fenômenos celestes. As primeiras civilizações que se envolveram mais notavelmente com esta ciência, como os povos da Mesopotâmia, do Egito, da Grécia, Índia, China, dentre outros, limitavam seus estudos aos

corpos vistos à olho nú. Assim, suas concepções do universo eram limitadas, mas isso não os impediu de investigar questões fundamentais.

A despeito do fato de muitos desses povos do mundo antigo associarem os eventos cósmicos as questões de ordem religiosas e mitológicas (EVANGELISTA, 2011), devemos notar que isso elevava a importância da Astronomia para esses povos não somente no sentido das aplicações práticas – como a navegação, confecção de calendários, previsão do tempo – mas também há a discussão de grande relevância que: ao colocarem seus deuses nos céus, eles intuíram que todos os fenômenos celestes ocorriam em decorrências de manifestações divinas, daí o fato, de que se entendessem a lógica por trás de como esses eventos astronômicos ocorriam dariam a eles o poder de entender e prever as mensagens dos deuses (EVANGELISTA, 2011).

Um estudo mais racional do cosmos, de alguma forma mais livre de suposições mitológicas/religiosas, foi empreendido pelos filósofos gregos antigos (EVANGELISTA, 2011), que construíram os primeiros modelos teóricos, que apresentavam um grande avanço em relação aos povos anteriores, e será o pressuposto básico para o progresso futuro da ciência astronômica. E vemos neste período grego, sérias tentativas de se conceber um modelo que fosse verdadeiramente fiel à descrição e previsão dos eventos astronômicos.

Adiante, vai ser com Platão que vamos ter a formação de um problema que vai dar forma ao modelo astronômico de Ptolomeu e vai ser efetivamente resolvido somente por Johannes Kepler (1571-1630) no século XVII (com as suas leis do movimento Planetário). É certo que os gregos formularam diversos tipos de teorias para explicar o funcionamento do cosmos, porém, dois sistemas entre todos se sobressaíram, que foram o sistema geocêntrico – no qual a Terra está no centro do sistema solar, ou melhor, no centro de todo o universo – e o outro é o sistema heliocêntrico em que o Sol ocuparia essa posição, no entanto, é justo dizer que os gregos sempre deram mais ênfase e importância ao modelo geocêntrico em detrimento do modelo heliocêntrico, tal conjectura se justifica pelo fato de que mesmo que os estudiosos gregos fossem conhecedores da concepção do heliocentrismo (PORTO, 2020), a insistência no geocentrismo foi maior, dando origem ao maior sistema astronômico grego, formulado por Ptolomeu, de modo que essa teoria geocêntrica permaneceu como a dominante por um longo período de mais de 15 séculos.

Em sua escola filosófica, a *Academia*[1], Platão formou em seu entorno um grande corpo de importantes estudiosos, e um problema de natureza tanto filosófica como física era entender como se dava as revoluções dos corpos celestes, é nesse contexto que surge o problema de Platão, baseado na visão dos pitagóricos, como expresso por Evangelista (2011):

> As estrelas, que são eternas e imutáveis, divinas e perfeitas, movem-se ao redor da Terra dando uma volta por dia, e descrevendo a trajetória mais perfeita, que é o círculo. Mas há alguns corpos celestes que, observados durante um ano, são vistos percorrendo trajetórias irregulares (movimentos retrógrados). Tomando como axioma que as órbitas circulares são as órbitas por eles descritas (não poderia ser outra forma, já que o círculo é a única órbita que condiz com a dignidade dos corpos celestes) deve-se determinar que tipos de movimento circulares e uniformes devem ser atribuídos aos planetas (estrelas errantes) de modo a explicar o seu movimento (EVANGELISTA, 2011, p. 69-70).

É em tal problema, proposto por Platão, que vemos surgir o dogma das órbitas circulares e dos movimentos uniformes, com base no referido axioma de Platão e que será levado para a posteridade. E este pressuposto, assumido desde os tempos de Platão, vai gerar grandes dificuldades para se encontrar a correta descrição dos movimentos dos planetas e o do sol, e vai ficar enraizado no pensamento coletivo até mesmo durante o período da revolução científica, já que o próprio Galileu Galilei (1564-1642) era um forte defensor dessa ideia, e aparentemente em sua vida ele não esteve inclinado a acreditar plenamente nas órbitas elípticas dos planetas formuladas por Kepler.

Então seguindo a tradição dos pensadores de seu tempo, temos Cláudio Ptolomeu, que viveu aproximadamente no século I d.C., que irá formular o modelo mais bem elaborado e complexo entre os propostos pelos estudiosos de seu tempo. Em seu livro *Almagest*[2] ele propõe um sistema planetário geocêntrico, que era a visão dominante nesse período grego, em que a Lua e o Sol descrevem órbitas circulares em torno da Terra e os demais planetas descrevem cada um, uma órbita circular em torno de um ponto fixo, em que esse ponto fixo descreve uma outra órbita circular em torno da Terra. E para ajustar e descrever esses movimentos, vemos a introdução de artifícios matemáticos, como os epiciclos, deferentes,

[1] Academia de Platão ou Academia de Atenas ou ainda gymnasium foi uma escola filosófica fundada por Platão. Wermann e Machado (2016, p. 8) afirmam que: "Em geral as fontes indicam que a Academia foi fundada por ele em 387 a.C., em Atenas, e subsistiu por mais de 9 séculos, até 529 [...]", sendo considerada o modelo para as primeiras universidades modernas.

[2] Esse é o nome árabe que foi dado quando os estudiosos árabes estudaram a Astronomia grega sendo dado ao trabalho o superlativo "magisté" = "o maior" para distingui-lo dos demais trabalhos sobre Astronomia e posteriormente os árabes acrescentaram o sufixo Al. O significado do nome grego do tratado original de Ptolomeu é Síntese, que foi de certa forma o que Ptolomeu fez com a Astronomia de sua época.

equantes, e assim um modelo que, apesar de descrever o que era observado no céu a olho nu, não estava isento de erros.

2 O surgimento de uma nova Astronomia a partir da Revolução Científica

O sistema astronômico de Ptolomeu permaneceu como paradigma vigente durante toda a Idade Média (tanto na Europa como no mundo árabe), isso permaneceria até a Europa ocidental entrar em um novo período de maior produtividade intelectual que ficou conhecido na história como a Revolução Científica. É nesse momento que teremos o desenvolvimento de novas ideias que irão ajudar a superar as velhas ideias e concepções dos pensadores gregos. Para a Astronomia o começo dessa revolução se dá com Copérnico (posteriormente chamada de revolução copernicana), que dará o passo que essa ciência precisava para iniciar o seu progresso rumo a novas descobertas.

Para Porto (2020, p. 1):

> A Revolução Copernicana constituiu um evento científico culminante na história cultural da humanidade. Seus desdobramentos ultrapassaram em larga medida os limites do campo de saber em que se originou e se irradiaram para as diferentes áreas do pensamento humano, desencadeando uma completa transformação da forma como o homem via o Universo e a si mesmo. Esta transformação promoveu a substituição de uma visão de mundo fundamentada no pensamento aristotélico por outra imagem da Natureza e do Universo, característica da ciência moderna [...]; uma ciência que, mais do que reivindicar bases metodológicas novas e precisas, com o método experimental formulado por Galileu e a matematização de sua linguagem, era portadora de uma concepção radicalmente diferente da realidade material.

Nessa mesma perspectiva, Mourão (2003) afirma que o papel principal de Copérnico foi o de inspirar astrônomos futuros, de modo que a verdadeira revolução copernicana ocorreu mais tardiamente (PORTO, 2020), após a morte de grandes estudiosos como o próprio Copérnico, Galileu e Kepler. Então, no primeiro momento, vamos ter Copérnico que vai colocar novamente o heliocentrismo no debate científico de sua época, abrindo caminho para novos questionamentos, assim como para novas descobertas. Um fato importante de Copérnico é que, assim como Ptolomeu, ele ainda mantinha-se preso ao axioma de Platão (dos movimentos circulares e uniformes), na verdade ele supunha que este fosse realmente um

princípio da natureza dos corpos celestes assim como afirmava e Platão e os pitagóricos. Esse pensamento ainda se manterá vivo em Galileu.

Todavia, é em 1543 que Copérnico permite que seu livro *De revolutionibus orbium coelestium* seja publicado, e neste trabalho ele expõe a sua teoria heliocêntrica, mas lembremos que essa ideia já era conhecida desde os tempos antigos como o próprio Copérnico não deixou de reconhecer em seu livro..

Baldow e Silva (2014, p. 47) afirmam que:

> A ideia de que a Terra estava no centro não foi aceita unanimemente na Grécia antiga. O grego Aristarco Samos (estima-se 310 a.C. a 230 a.C.) defendeu um sistema que colocava o Sol no centro (Heliocentrismo), e os outros astros, incluindo a Terra, girando em torno dessa estrela. Ele também defendeu o movimento de rotação da Terra. Essas ideias não foram muito aceitas na época.

Adiante, houve um intenso debate no meio científico sobre essa hipótese de Copérnico. Entretanto, os dois grandes astrônomos que terão maior destaque ao defender esse sistema de Copérnico serão Galileu e Kepler, onde cada um deles vão fazer descobertas de grande notabilidade e influência para reforçar alguns pontos da teoria heliocêntrica a qual eles acreditavam após muito questionamento ser a hipótese mais correta.

Galileu foi um dos dois maiores astrônomos, físicos e matemáticos de seu tempo, dando grandes passos em direção da maior invenção na Astronomia de seu tempo, que foi o telescópio[3]. Nas palavras do próprio Galileu:

> Em primeiro lugar, preparei um tubo de chumbo em cujos extremos adaptei duas lentes de vidro, ambas planas em uma face enquanto a outra face era convexa em uma lente e côncava na restante. Assim, com o olho na côncava, vi os objetos tão grandes e próximos que pareciam três vezes mais próximos e nove vezes maiores que quando observados apenas com a visão natural. Mais tarde, fiz outro melhor, que representava os objetos mais de 60 vezes maiores. Por fim, não medindo nem gastos nem fadiga, consegui fabricar um instrumento tão excelente que as coisas vistas com ele pareciam quase mil vezes maiores e mais de 30 vezes mais próximos que quando observados com a faculdade natural (GALILEI, 2009, p. 33).

Mesmo que não foi o próprio Galileu efetivamente que inventou o instrumento, foi ele um dos primeiros a fazer uso científico do e dar grandes descobertas no ramo da Astronomia, o que inevitavelmente ajudou a levantar mais suspeitas a favor da validade do sistema de Copérnico que Galileu acreditava ser verdadeiro. A defesa das ideias copernicanas foi um

[3] Não se sabe ao certo quem inventou o telescópio. Sabe-se que o primeiro pedido de patente foi feito por Hans Lippershey, fabricante de lentes dos Países Baixos, em 1608, na Holanda. Em 1609, Galileu construiu seu primeiro telescópio (ou como era chamado na época: luneta). Se por um lado Galileu não inventou o telescópio, por outro, pode-se dizer que ele foi o primeiro a utilizá-lo para estudar o céu cientificamente, a partir de 1609.

ponto importante nos tempos de Galileu, e que gerou um grande debate entre ele e a Igreja Católica levando a sua condenação perante os tribunais da inquisição, principalmente pela sua defesa do sistema de Copérnico, que passou a ser proibido pela igreja por volta de 1616.

Já Kepler, foi então um astrônomo e matemático alemão que deixou grandes contribuições à Astronomia e Física de seu tempo. Ao longo de seus estudos e orientado por seu professor Michael Mästlin (1550-1630), padre matemático e astrônomo alemão, que lhe possibilitou ensinamentos a respeito do sistema copernicano, sabe-se disso já que o próprio Kepler creditou a Mästlin a apresentá-lo às ideias copernicanas enquanto ele ainda era um estudante em Tübingen (1589-94). Com base nesses estudos, Kepler foi influenciado pelas ideias heliocêntricas, mas depois ele aceitou o convite de Tycho Brahe (1546-1601) para ser seu assistente pessoal em Praga. A isso, "Kepler chegou a trabalhar com o astrônomo dinamarquês Tycho Brahe, que foi fundamental para que chegasse às suas leis, já que precisou dos dados obtidos por este para chegar a elas" (BALDOW; SILVA, 2014, p. 49-50).

Uma coisa que havia instigado o interesse de Kepler aos seus estudos astronômicos, mesmo antes de ser associado de Tycho, foi o fato de que tanto o sistema de Ptolomeu quanto o de Copérnico não eram capazes de descrever a órbita irregular do planeta Marte, então ele possivelmente começou analisar essa questão antes mesmo de se tornar assistente de Tycho Brahe. Após a morte de Tycho em 1601, Kepler herda, entre outras coisas, o conjunto imenso de dados astronômicos de Brahe feitos ao longo de várias décadas de observações e estudos. Podemos observar que o objetivo de Kepler em sua obra *Astronomia Nova*, publicada em 1609, foi o seguinte: "O de reformular a teoria astronômica (especialmente para o movimento de Marte) em todas as suas três formas de hipóteses [ptolomaica, copernicana e brahiana], de modo que se possa construir tabelas que correspondam aos fenômenos celestes" (Kepler, 1937 [1609], p. 20).

E nesse meio temos os dados a respeito das observações feitas sobre a órbita do planeta Marte. E como o próprio Kepler sabia que o método empregado por Tycho para obter os dados era dentre os mais avançados de sua época e aparados pelos mais sofisticados equipamentos, assim ele podia confiar que aqueles dados seriam precisos o suficiente para as suas pesquisas.

Com base em uma análise mais profunda dos dados de Tycho, que Kepler só pôde fazer depois de sua morte, Kepler começou a cogitar a ideia de que talvez aquele axioma de Platão pudesse não ser verdadeiramente condizente com a realidade, e, portanto, talvez a órbita circular devesse ser substituída por outra que pudesse concordar com aqueles dados observacionais. Mas qual seria essa órbita?

Nesse sentido:

> Kepler imaginou, em um primeiro momento, que a órbita não circular fosse um ovóide resultante de dois movimentos independentes: um deles provavelmente provocado pelo sol (atração) e o outro provocado pela rotação uniforme do planeta em um epiciclo imaginário produzido por uma causa própria. Entretanto, não foi possível tratar matematicamente as várias curvas ovóides tentadas e ele decidiu usar como aproximação a elipse cuja geometria tinha sido suficientemente elaborada por Apolônio de Perga (EVANGELISTA, 2011, p. 208).

Então, para encontrar a resposta a esta questão, Kepler passou longos anos de sua vida estudando em busca de uma resposta, até que finalmente depois de um trabalho laborioso, encontrou que a trajetória que estaria completamente de acordo com aqueles dados, não seria o círculo e sim uma elipse. O próprio Kepler mostrou-se surpreso com essa descoberta:

> Não é algo misterioso que de todos os tipos possíveis de trajetórias os planetas tenham selecionado justamente a elipse? Podemos compreender a predisposição de Platão pelos movimentos circulares e uniformes, mas não podemos entender facilmente a insistência da natureza com a elipse! (EVANGELISTA, 2011, p. 208).

Assim, essa vem a se chamar de 1ª lei de Kepler para o movimento planetário e podemos observar que ela não exclui efetivamente a possibilidade da existência de órbitas circulares para os planetas. De seus estudos, Kepler ele veio a encontrar sua 2ª lei dos movimentos (porém notamos que essa 2ª lei foi descoberta antes da 1ª), essa lei inevitavelmente acaba com o dogma da velocidade uniforme dos planetas. A sua 3ª lei que será descoberta em outro período posterior, irá completar o quadro das leis fundamentais dos movimentos planetários, podemos enunciá-las aqui como segue:

> 1ª lei ou lei das órbitas: Os planetas descrevem órbitas elípticas em torno do Sol, que ocupa um dos focos da elipse descrita.
>
> 2ª lei ou lei das áreas: Os segmentos imaginários que une o centro do Sol e o centro dos planetas varre áreas proporcionais em intervalos de tempo iguais, não importando a posição do planeta em sua órbita.
>
> 3ª lei ou lei dos períodos: Para qualquer planeta do Sistema Solar; o quociente do cubo do raio médio da órbita pelo quadrado do período de revolução em tomo do Sol é constante (WURTS, 2003, p. 16-17).

As duas primeiras leis, a lei das órbitas e a lei das áreas, publicadas pela primeira vez no livro de Kepler de 1609, *Astronomia Nova*, e posteriormente em 1619, em outro livro seu

Harmonices mundi livri V, é que vemos as suas três leis juntas, isso porque a terceira lei, a lei dos períodos, foi descoberta depois da publicação da Astronomia Nova com isso as três leis juntas só serão em 1619.

É importante mencionar que as três leis de Kepler são leis empíricas, que foram descobertas por Kepler com base em um longo processo de indução, mas ele não deixou de tentar encontrar uma justificativa para a validade de suas leis. Ele supunha que:

> [...] o Sol exercia uma influência magnética sobre os planetas, a chamada anima motrix. Como a função dessa força magnética é mover os planetas e como estes se situam na eclíptica (trajetória aparente do Sol entre as estrelas), Kepler admitiu que a força solar não agia em todas as direções e sim, apenas, na direção do raio eclíptico, e que a mesma era proporcional ao inverso da distância (BASSALO, [s/d], p. 2).

Porém, é somente com Isaac Newton (1643-1727) que vamos ter uma explicação mais correta para justificar a ação (força de interação) entre os corpos celestes, que é força gravitacional, gravidade, que na verdade, como o próprio Newton supôs é uma interação, é uma força que está associada a toda forma de matéria ordinária (no universo) tanto na Terra como no espaço exterior. Isso finalmente pôs fim na doutrina aristotélica de que as leis que regem os corpos aqui na Terra não são as mesmas leis dos corpos celestes. Com sua lei da gravitação universal estabelecida, Newton foi capaz de deduzir, juntamente com o seu cálculo recém descoberto, as leis de Kepler, dando uma justificativa tão procurada por Kepler.

Talvez, o primeiro passo dado por Newton em sua empreitada para a teoria da gravitação, foi o fato dele ter admitido que os corpos celestes, os planetas, a Lua, o Sol, etc., não estão em equilíbrio (tendo como referencial à Terra, aqui desprezando o fato de a Terra não ser um referencial inercial). Se estivessem em equilíbrio, de fato a sua Primeira Lei (Lei da inércia) forneceria as consequências. Então, se não estão em equilíbrio é porque existe uma força que tende a tornar o movimento dos corpos celestes curvilíneos, assim partindo dessa hipótese, Newton, provou que se a trajetória do movimento de um corpo celeste é uma cônica, então a força que atuará sobre ele é uma força central, em que seria uma força inversamente proporcional ao inverso do quadrado da distância.

Não cabe aqui mostrar todos os desenvolvimentos de Newton, no entanto, foi a partir da conclusão de seu trabalho, culminando com o Principia, que vamos ter uma justificativa correta para o movimento dos corpos celestes, que rompe de vez com as amarras do velho sistema dos gregos que por tanto tempo durou.

3 Considerações Finais

O mundo natural apresenta mistérios e segredos que são guardados no seu âmago desde o firmamento do próprio universo. Leis e princípios tão bem guardados que nem mesmo os esforços mais diligentes, às vezes não são suficientes para romper a recusa da natureza em revelar os seus segredos. Talvez um dos casos mais famosos na história da Ciência a esse respeito, foi justamente o caso da tentativa dos gregos, e de seus sucessores imediatos, de encontrar as leis e teorias que descrevessem como se deve o movimento dos corpos celestes. Inicialmente limitados ao nosso sistema, coube então a vários grandes pensadores e outros nem tão conhecidos, a tarefa de buscar as devidas justificativas para tal capricho da natureza. O comportamento que a primeira vista pode ser tomado como caótico dos vários corpos celestes que orbitam a Terra, assim seria muito mais conveniente atribuir as suas causas a seres divinos, mas isso não satisfaria a ânsia dos mais curiosos por muito tempo, até que vieram os gregos e ultrapassaram os dogmas mitológicos vigentes com a introdução magistral do pensamento racional com o questionamento inerente associado a ele.

Essa inequivocamente foi a semente do surgimento de uma Ciência primitiva, um método de investigação que se baseava na razão humana para a aquisição do verdadeiro entendimento do mundo natural. Mesmo que isso não estivesse completamente isento de erros em sua forma de investigar os fenômenos da natureza, é essa Ciência primitiva que vai nos dar o primeiro grande sistema astronômico que foi o modelo ptolomaico.

Posteriormente, com o fim do protagonismo grego, a civilização ocidental entra em um período de grandes restrições ao progresso dos questionamentos, o que faz com que o modelo proposto pelos gregos se torne um dogma inquestionável por mais de um milênio. O próximo passo significativo virá com o surgimento da Ciência Moderna, tendo como figuras centrais nesse empreendimento, justamente os fundadores da Nova Astronomia, Galileu, Kepler e Newton, juntamente a outros. Cada um deles, ao seu modo, forneceram as contribuições fundamentais para que finalmente o mundo pudesse estar em posse da verdadeira descrição da natureza como ela é, e não só da descrição, vemos também com Newton a justificativa mais condizente para esses fenômenos astronômicos com a sua teoria da gravitação universal.

Referências

BALDOW, R.; SILVA, A. P. T. B. GALILEU, KEPLER E SUAS DESCOBERTAS: ANÁLISE DE UMA PEÇA TEATRAL VIVENCIADA COM ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO. **EENCI - Experiências em Ensino de Ciências**, v. 9, n. 2, p. 45-68, 2014. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/480>. Acesso em: 09 ago. 2021.

BASSALO, J. M. F. **Curiosidades da Física:** o modelo astronômico de Kepler. Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <https://seara.ufc.br/wp-content/uploads/2019/03/folclore455.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2021.

EVANGELISTA, L. R. **Perspectiva em História da Física:** Dos Babilônios à Síntese Newtoniana. v. 1. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011.

GALILEI, G. **O Mensageiro das Estrelas**. São Paulo: Duetto Editorial, 2009.

KEPLER, J. Astronomia Nova. *In:* Caspar, M.; von Dick, W. (Ed.). **Gesammelte Werke. Munich:** C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, 1937 [1609]. v. 3.

MOURÃO, R. R. F. **Copérnico Pioneiro da Revolução Astronômica**. Ed. 1ª. São Paulo: Odysseus, 2003.

PORTO, C. M. A Revolução Copernicana: aspectos históricos e epistemológicos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, e20190190, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/fJNPZmsCN6ZXdJdKfwBDy5r/?lang=pt>. Acesso em: 24 set. 2021.

WERMANN, J.; MACHADO, F. F. UMA APROXIMAÇÃO ENTRE A ACADEMIA DE PLATÃO, O LICEU DE ARISTÓTELES E AS UNIVERSIDADES. **Theoria - Revista Eletrônica de Filosofia**, v. 8, n. 19, p. 1-17, 2016. Disponível em: <https://www.theoria.com.br/edicao19/01012016RT.pdf>. Acesso em: 15 set. 2021.

WURTS, L. A. J. **As leis de Kepler e a gravitação universal no Ensino Médio**. Monografia (licenciatura em Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 49 f. 2003.