

Uma análise OBA com foco na Mecânica

Analysis of OBA with light on Mechanics

Leonardo Gabriel Diniz

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

leogabriel@cefetmg.br

Esther Eloisa Pires Pedrosa

Colégio Militar de Belo Horizonte

esthereloisapires@gmail.com

Magda Moreira Nunes

Colégio Militar de Belo Horizonte

magdamnunes@gmail.com

Resumo

Este artigo apresenta uma análise das provas da “Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica” (OBA), no período de 1998 a 2018, com o objetivo identificar potencialidades de aplicação no Ensino de Mecânica e História da Astronomia. Na seleção e análise das questões, foi utilizado o método de análise de conteúdo (BARDIN, 1977). As provas da OBA possuem uma forte integração com a História da Astronomia e, conseqüentemente, com o desenvolvimento histórico da Mecânica. Muitos conceitos e leis da Mecânica, como as Leis de Kepler, a Gravitação Universal e a Cinemática de foguetes e satélites estão fortemente presentes nas provas. Este trabalho poderá auxiliar o professor de Física tanto na preparação para a OBA quanto em relação ao uso das questões da mesma no planejamento de suas aulas de Mecânica.

Palavras chave: OBA, Mecânica, História da Ciência.

Abstract

This work presents an analysis of the "Brazilian Astronomy and Astronautics Olympiad" (OBA), in the period from 1998 to 2018, with the objective of identifying potential applications in the teaching of Mechanics and History of Astronomy. In the selection and analysis of the questions, the content analysis method was used (BARDIN, 1977). The OBA shows a strong integration with the History of Astronomy and, consequently, with the historical development of Mechanics. Also, the concepts and laws of Mechanics, Kepler's Laws, Universal Gravitation and the kinematics of rockets and satellites are strongly present in the questions. This work may help the physics teacher in preparing for the OBA as well in the planning of his classes.

Key words: Astronomy, Astronautics, Mechanics, History of Science.

Introdução

Dentro da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias, a Astronomia aparece explicitamente nas orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2006). Como discutido por Langhi e Nardi (LANGHI e NARDI, 2012), além de ela ser um campo de conhecimento fortemente motivacional, suas raízes históricas são essenciais para uma compreensão da evolução da ciência. Estas raízes fazem da Astronomia um excelente caminho para mostrar o processo de construção do conhecimento científico como atividade humana, histórica, social, econômica, política, tecnológica e cultural.

Em uma pesquisa recente desenvolvida no “Grupo de Estudo e Divulgação de Astronomia Intercampi (GEDAI) do CEFET-MG”¹, Moreira e Proença (MOREIRA E PROENÇA, 2017) discutem a importância que a História da Ciência ocupa no ensino ao promover com os estudantes uma reflexão da natureza da ciência. Alguns destes aspectos também se encontram presentes em discussões do Movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (SANTOS e MORTIMER, 2002). Moreira e Proença também apontam uma forte integração entre a Astronomia e História da Ciência. No entanto, uma das dificuldades apontadas por Gatti, Nardi e Silva (GATTI, NARDI e SILVA, 2010) que dificultam o ensino de Astronomia de forma integrada à História da Ciência consiste na ausência de materiais didáticos de suporte para este fim.

Visando atuar neste problema, o GEDAI vem desenvolvendo o projeto “Produção de material didático sobre Mecânica e Astronomia”, que visa à elaboração de uma sequência didática de Mecânica em interface com História da Ciência e Astronomia. Este projeto, que se encontra em fase de conclusão, foi desenvolvido por duas frentes: (a) por projetos de iniciação científica Jr, responsáveis pela elaboração do texto base, das atividades práticas e dos exercícios do material didático e (b) por um projeto de extensão envolvendo professores da rede pública na discussão e análise do material produzido. Os autores do presente artigo trabalharam no processo de seleção e elaboração de exercícios. Para isso, foi realizada uma análise das questões do repositório de provas da “Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica” (OBA)².

Neste artigo, discutimos os resultados desta análise. Para além da motivação inicial, este trabalho poderá interessar professores de Física em geral. No dia a dia, não é tarefa fácil trabalhar com uma olimpíada extracurricular, seja pelos demais encargos do professor ou pelo cronograma apertado em relação currículo da disciplina. Além disso, o caráter interdisciplinar da OBA, às vezes, requer o engajamento de professores de outras disciplinas, como Matemática e Geografia. A análise das provas da OBA, com luz sobre a Mecânica, poderá auxiliar o professor de Física tanto na preparação de seus alunos para esta olimpíada, quanto em relação a utilização das questões da OBA no planejamento de suas aulas.

Método

A primeira parte da pesquisa consistiu na leitura de um conjunto de artigos sobre História da Ciência e Astronomia. Os artigos foram selecionados por Moreira e Proença (MOREIRA E PROENÇA, 2017) em uma pesquisa prévia de nosso grupo. A partir da discussão desta bibliografia, a equipe do projeto “Produção de material didático sobre Mecânica e

¹ Mais informações sobre o grupo em www.gedai.cefetmg.br.

² Mais informações sobre a OBA em sua página oficial, www.oba.org.br.

Astronomia” definiu a estrutura principal que iria guiar a produção do material. Após esta definição, os autores deste trabalho realizaram uma análise das questões do repositório de provas da OBA.

Foi utilizado o método de análise de conteúdo (BARDIN, 1977) para selecionar, caracterizar e analisar as questões. Após uma leitura flutuante de todas as provas da amostra proposta para estudo (1998 a 2018), foram selecionadas as questões relacionadas aos conteúdos de Mecânica e aquelas que apresentaram alguma relação com a História da Astronomia. Em seguida, estas questões foram agrupadas e classificadas em categorias. Uma vez que a Mecânica é uma área da Física tradicionalmente estudado no 1º ano do Ensino Médio, para a seleção das categorias, foram utilizadas como base as divisões de conteúdo propostas na maior parte dos livros didáticos de Física presentes no Programa Nacional do Livro Didático. Para organizar este trabalho, foi criada uma planilha contendo a identificação de cada questão com um comentário qualitativo sobre a mesma.

Resultados

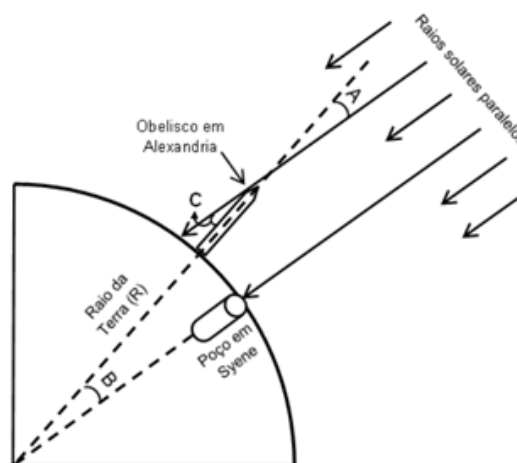
Análise geral da OBA

O site da OBA disponibiliza as provas e gabaritos de todas as edições, de 1998 até 2018. Atualmente a olimpíada é dividida em quatro níveis e é realizada numa fase única. Os Níveis I, II e III são voltados para os estudantes do Ensino Fundamental (Nível I – 1º ao 3º ano; Nível II – 4º e 5º ano; Nível III – 6º ao 9º ano), enquanto o Nível IV é destinado aos estudantes das três séries do Ensino Médio (1º ao 3º ano). Neste trabalho foram analisadas todas as provas do Nível IV.

A prova da OBA é dividida em duas partes: Astronomia e Astronáutica. Atualmente, com sete questões de Astronomia e três de Astronáutica. Embora seja uma prova teórica, nas orientações da comissão organizadora, sempre é sugerido que os estudantes realizem algumas atividades práticas de observação do céu. Algumas questões da prova exploram estas atividades.

Embora existam algumas questões de verdadeiro ou falso, existe uma predominância por questões abertas. O nível de dificuldade das questões é bastante variado. Algumas questões exigem um conhecimento mais específico de astronomia, como os conceitos de esfera celeste, constelações e movimento aparente do céu. Por outro lado, muitas apresentam o caráter explicitamente mais educativo, por lançar luz sobre algum tema de Astronomia e/ou Astronáutica e fazer cobranças relacionadas à apreensão daquilo que foi ensinado no próprio enunciado da questão. A figura 1, que mostra um trecho de uma questão sobre o experimento idealizado de Eratóstenes, ilustra bem essa característica da prova.

Questão 1) (1 ponto) Num círculo, de raio R , seu comprimento mede $2\pi R$, (use $\pi = 3$) e temos 360 graus. Eratóstenes (cerca de 276 a.C. – 193 a.C.), sábio grego, nascido em Cirene e falecido em Alexandria, diretor da grande biblioteca desta cidade, no Egito, sabia disso. Ele também sabia que num certo dia, ao meio dia, em Syene, atual Assuã, uma cidade a 800 km de Alexandria, ao Sul do Egito, o Sol incidia diretamente no fundo de um poço e nenhum obelisco projetava sombra neste instante. Porém, no mesmo dia, em Alexandria, um obelisco projetava uma sombra! Tal fato só seria possível se a Terra fosse esférica, concluiu ele. Coincidentemente ambas as cidades estão próximas do mesmo meridiano.



Pergunta 1a) (0,5 ponto) Eratóstenes mediu o ângulo C , indicado na figura, e encontrou o valor de 7° (sete graus). Com isso ele determinou o raio da Terra (R). Determine o valor encontrado por Eratóstenes para o raio da Terra, em km. *Dica: você só precisa de uma regra de três. Espaço para suas contas.*

Figura 1: Questão 1, letra (a), prova de 2013.

A Mecânica nas provas da OBA

Após selecionar as questões que possuíam alguma interface com os conteúdos de Mecânica ou alguma relação com a História da Astronomia, elas foram classificadas nas seguintes categorias: “Esfericidade da Terra”, “Movimento relativo Terra-Sol”, “Geocentrismo x Heliocentrismo”, “Contribuições de Galileu”, “Movimentos retilíneos e parabólicos”, “Movimento Circular”, “Leis de Newton”, “Momento de uma força”, “Conservação da quantidade de movimento”, “Gravitação Universal”, “Leis de Kepler” e “Trabalho e Energia”.

A tabela 1 mostra esta classificação por categoria. Após o nome da categoria, a quantidade de questões pertencentes à mesma é indicada entre parênteses. Para localizar a questão no repositório de provas da OBA (ver site oficial da olimpíada), cada questão foi nomeada pelo ano da prova seguido do número da mesma após a barra. Algumas questões, por contemplar mais de uma categoria, se repetem na tabela.

Categorias	Questões (ano da prova/número da questão)
Esfericidade da Terra (3)	07/2, 10/3, 13/1
Movimento relativo Terra-Sol (5)	08/1, 12/2, 13/2, 16/1, 18/2
Geocentrismo e Heliocentrismo (3)	06/1, 08/3, 15/4
Contribuições de Galileu (7)	09/1, 09/2, 09/3, 09/4, 09/5, 10/4, 18/6
Movimentos retilíneos e parabólicos (9)	07/8, 06/10, 08/1, 10/8, 12/6, 13/7, 14/8, 18/5, 18/8
Movimento circular (12)	04/9, 07/5, 08/2, 08/9, 11/07, 12/3, 13/6, 13/07, 14/9, 15/9, 16/8, 16/9
Momento de uma força (3)	12/3, 16/4, 17/4

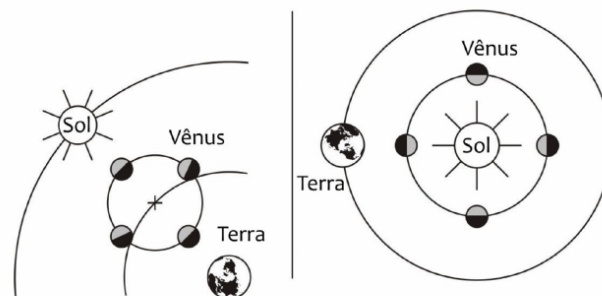
Leis de Newton (6)	05/9, 06/08, 13/6, 14/8, 16/8, 17/8
Conservação da quantidade de movimento (3)	11/6, 15/8, 16/8
Potência e Energia (6)	06/6, 15/9, 18/3, 18/4, 18/8, 18/9
Lei da Gravitação Universal (10)	04/5, 05/9, 07/5, 11/6, 12/3, 12/6, 13/4, 13/6, 15/4, 16/9.
Leis de Kepler (17)	04/1, 04/4, 06/1, 06/9, 06/10, 07/9, 09/9, 10/7, 12/3, 12/7, 13/5, 13/7, 14/9, 16/3, 16/7, 17/5, 18/10

Tabela 1: Questões da OBA separadas por categoria. Cada questão é rotulada pelo ano da prova com o número da mesma após a barra. Após o nome da categoria, o total de questões pertencentes a mesma é indicada entre parênteses.

O problema do movimento da Terra, com a discussão do Geocentrismo versus Heliocentrismo, encontra-se no coração da história da Ciência e do desenvolvimento da Mecânica. As questões agrupadas nas categorias “Esfericidade da Terra”, “Movimento relativo Terra-Sol”, “Geocentrismo x Heliocentrismo”, e “Contribuições de Galileu” são de especial importância neste ponto. Algumas delas aliam o conhecimento científico ao processo de construção deste conhecimento, por meio de apresentação de experimentos históricos com uma excelente contextualização. O trecho da questão apresentado na figura 2, por exemplo, ilustra a observação das fases de Vênus feita por Galileu, um dos principais trunfos usados por ele a favor do sistema heliocêntrico.

Uma observação importante de Galileu com sua luneta foi a das fases de Vênus. O modelo geocêntrico de Ptolomeu e o modelo heliocêntrico de Copérnico faziam previsões diferentes dessas fases, conforme pode ser visto nas figuras abaixo, esquerda e direita.

Repare que, na primeira figura, Vênus não orbita diretamente a Terra, num círculo, mas o faz num ponto que orbita a Terra. Esses círculos dentro de círculos eram usados para deixar o modelo matematicamente mais preciso. Na verdade, o modelo de Copérnico também usava esses sub-círculos (epiciclos), mas não os indicamos aqui (você pode reparar, se quiser, que isso não mudaria as fases vistas no modelo de Copérnico).



2e) Galileu observou a existência de quatro fases em Vênus. Explique como tal fato contribuía a favor do sistema heliocêntrico.

Figura 2: Item (e), questão 2, prova de 2009.

Em relação aos conceitos trabalhados na Mecânica, observamos o predomínio das Leis de Kepler e da Gravitação Universal. Os enunciados de algumas questões servem como definição e explicação destas leis, como a questão 5 da prova de 2004, que define a Lei da Gravitação Universal.

As cinemáticas retilíneas, parabólicas e circulares também possuem boa presença nas provas, abordando contextos do movimento de foguetes e satélites. As leis de Newton são discutidas principalmente na parte de Astronáutica, em questões sobre lançamentos de foguetes. Estas questões apresentam longos enunciados nos quais são discutidas as Leis de Newton e equações específicas aplicadas ao foguete. As perguntas exploram prioritariamente a

interpretação do texto e dos dados. A lei da conservação da quantidade de movimento também aparece neste mesmo contexto. De caráter diferente dos problemas exemplares de Leis de Newton dos livros didáticos, estas questões podem auxiliar o estudante a perceber a Física em contextos tecnológicos mais complexos. Para ilustrar esta característica da prova, na figura 3, mostramos um exemplo das Leis de Newton neste cenário.

Pergunta 8b) (0,25 ponto) A parte superior do 1º estágio do VSB-30 é encaixada na parte inferior do 2º estágio. Algo similar ao encaixe de uma caneta esferográfica no interior de sua tampa. O que mantém o 1º e o 2º estágios juntos é o balanço das forças atuantes sobre cada estágio, incluindo a força de contato representada pelo vetor \mathbf{N} nas figuras ao lado. \mathbf{A}_1 e \mathbf{A}_2 , \mathbf{P}_1 e \mathbf{P}_2 representam as forças de arrasto e as forças peso atuantes sobre o 1º e 2º estágios, respectivamente. \mathbf{E} é a força de empuxo gerada pelo 1º estágio. Aos 11 segundos do voo vertical ascendente do VSB-30 o 1º e 2º estágio ainda estão acoplados e $A_1 = 2.000 \text{ N}$, $A_2 = 8.000 \text{ N}$ e $E = 10.000 \text{ N}$. Nesse instante, as massas do 1º e 2º estágios são $M_1 = 350 \text{ kg}$ e $M_2 = 1.800 \text{ kg}$, respectivamente. Calcule o valor da força de contato N nesse instante do voo vertical. *Registre abaixo suas contas; sem elas o resultado não é aceito.*

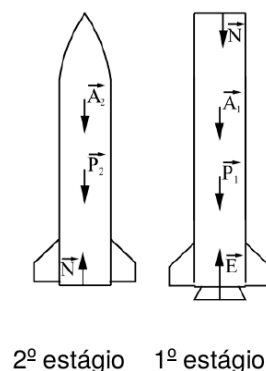


Figura 3: Item (b), questão 8, prova de 2017.

As questões selecionadas na categoria “Momento de uma força” exploram a analogia de um sistema de dois corpos girando em torno do centro de massa com o equilíbrio rotacional em uma gangorra. Na categoria “Trabalho e Energia”, aparece o conceito de potência no contexto da emissão de luz de uma estrela, ou na recepção de energia de uma antena interagindo com um satélite, por exemplo. Outras exploram o fenômeno de “estilingue” gravitacional, em que um planeta ou satélite ganha energia cinética ao passar próximo de um corpo mais massivo. Nenhuma destas questões se assemelha às questões exemplares de conservação da energia dos livros didáticos.

Conclusão

Neste trabalho, foi realizada uma análise das provas da OBA no nível do Ensino Médio. Foram selecionadas questões relacionadas aos conceitos científicos e ao desenvolvimento histórico da Mecânica. Os resultados mostram que OBA possui um grande potencial para explorar o contexto histórico do nascimento da Mecânica. As provas trazem questões de qualidade que trabalham o movimento relativo Terra-Sol nos sistemas geocêntrico e heliocêntrico e as contribuições de Galileu, Kepler e Newton neste contexto.

Em relação aos conceitos e leis da Mecânica, existem excelentes questões para se trabalhar o contexto das leis de Kepler e da Gravitação Universal. A cinemática aplicada ao movimento de foguetes e ao movimento circular de satélites também possui presença marcante. Embora as questões de Astronáutica apresentem um contexto mais complexo para se trabalhar em sala de aula, elas constituem uma boa oportunidade para o professor apresentar as leis de Newton em uma situação de grande interesse tecnológico.

A experiência de participar de uma olimpíada interdisciplinar como a OBA é muito significativa para os estudantes. Por outro lado, a interdisciplinaridade da prova é sempre um desafio para os professores, além das questões de tempo e espaço no currículo das disciplinas. Este trabalho pode interessar professores de Física por dois aspectos: (a) poderá auxiliar o professor em relação à preparação dos alunos para a OBA; (b) independentemente da

participação ou não da escola na OBA, o professor poderá utilizar esta análise para selecionar questões na preparação de suas aulas de Mecânica.

Agradecimentos e apoios

Agradecemos ao CEFET-MG, ao CMBH, à FAPEMIG e ao CNPq pelo apoio.

Referências

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BRASIL. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+)**. **Ciências da Natureza e suas tecnologias**. Brasília: MEC, 2006.

GATTI, Sandra Regina Teodoro; NARDI, Roberto; SILVA, Dirceu. História da ciência no ensino de física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. **Investigações em Ensino de Ciências**. V. 15, n.1, 2010.

LANGHI, R. & NARDI, R. **Educação em Astronomia**: repensando a formação de professores. São Paulo: Escrituras Editora, 2012.

MOREIRA, A. F. & PROENÇA, P. Abordagem Temática no Ensino de Astronomia: Contribuições da História da Ciência. In: **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2017, Florianópolis. ANAIS do XI ENPEC, 2017. V. I. p. 558-1-558-9.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira; MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**. V.2, n.2, dezembro de 2002.