



Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia

**Revista Latinoamericana de Educación en Astronomía
Latin-American Journal of Astronomy Education**

n. 27, 2019

ISSN 1806-7573

REVISTA LATINO-AMERICANA DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA

Editores

Paulo Sergio Bretones (DME/UFSCar)

Jorge Horvath (IAG/USP)

Comitê Editorial

Cristina Leite (IF/USP)

Sergio M. Bisch (Planetário de Vitória/UFES)

Néstor Camino (FHCS/UNPSJB)

Editores Associados

Marcos D. Longhini (FE/UFU)

Silvia Calbo Aroca (Colégio Planeta)

Assistente de Editoração

Walison A. Oliveira (UTFPR)

Auxiliares de Editoração

Ana Beatriz Almagro Rodrigues Rosa (UFSCar)

Gustavo Ferreira de Amaral (UFSCar)

Direitos

© by autores

Todos os direitos desta edição reservados

Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia

É permitida a reprodução para fins educacionais mencionando as fontes

Esta revista também é disponível no endereço: www.relea.ufscar.br

Bibliotecária: Rosemeire Zambini CRB 5018

R4546 Revista Latino Americana de Educação em Astronomia - RELEA /
Universidade Federal de São Carlos. -
n. 27, (2019). - São Carlos (SP): UFSCar, 2019.

Semestral.

Endereço eletrônico <http://www.relea.ufscar.br/>

ISSN: 1806-7573

1. Astronomia. 2. Educação – Periódicos. 3. Ensino de Ciências.
I. Universidade Federal de São Carlos. II. RELEA.

CDD: 520

CDU: 52+37(051)(8)

Editorial

A Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia (RELEA) chega ao seu vigésimo sétimo número, com boas perspectivas para o futuro imediato nos assuntos principais que nos interessam. O VI Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (VI SNEA) está previsto para ocorrer de 30 de junho a 03 de julho de 2020, na Universidade Estadual Paulista (UNESP), na cidade de Bauru, SP.

No âmbito internacional, como parte das atividades da Comissão C1 da União Astronômica Internacional (IAU), está sendo programada uma Conferência de Educação em Astronomia com o objetivo de ser regular, bianual, com o objetivo de aumentar a qualidade, a quantidade, o impacto da pesquisa e prática da educação em astronomia e unir a comunidade da área. A *Astronomy Education Conference: Bridging Research & Practice*, deverá ocorrer no ESO, Garching, em Munique, na Alemanha, de 16 a 18 de setembro de 2019. No site do evento (iau-dc-c1.org/astroedu-conference) podem ser baixadas as duas primeiras circulares, palestrantes convidados (*keynote speakers*) e demais informações.

Neste número contamos com cinco artigos:

Copérnico e a teoria heliocêntrica: contextualizando os fatos, apresentando as controvérsias e implicações para o ensino de ciências, de Hermano Ribeiro de Carvalho e Lucas Albuquerque do Nascimento. Este trabalho é resultado de um estudo historiográfico com o objetivo de apresentar uma visão sobre a construção, defesa e disseminação do trabalho de Nicolau Copérnico, contextualizando sua época e interpretando os aspectos astronômicos, filosóficos e sociais que influenciaram sua teoria que podem ser úteis para o ensino de ciências.

Vinte anos de OBA: uma análise da evolução do exame ao longo dos anos, de João Paulo Casaro Erthal e Andriele da Silva Vieira. Este trabalho analisa as questões das provas da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA). Os resultados mostram uma evolução das provas, em termos de estrutura e conteúdo com questões mais contextualizadas e com abordagens mais didáticas.

A Astronomia e sua relação com a Geografia: contextualização histórica e abordagens no ensino, de Diego Maguelniskie Alcimara Aparecida Foetsch. Este artigo propõe uma discussão histórica e epistemológica sobre a relação Geografia e Astronomia e a introdução de temas de Astronomia no ensino de Geografia no Brasil. Para isso, foi feita uma revisão bibliográfica sobre pesquisas já realizadas apresentando tendências e discussões sobre o contexto atual do tema no ensino básico.

Representações sociais de alunos do final do ensino médio sobre astronomia, de Adriano José Ortiz, Joici de Carvalho Leite, Tânia do Carmo, Michel Corci Batista e Carlos Alberto de Oliveira Magalhães Júnior. O artigo visa analisar as representações sociais sobre astronomia em pesquisa junto a 24 alunos de terceiro ano do Ensino Médio de uma instituição pública. Os dados foram obtidos por meio de um teste de associação livre de palavras e analisados mediante a abordagem estruturalista. Conforme os resultados, os estudantes apresentaram um discurso com conceitos generalistas e afastado do universo reificado, sendo importante uma readequação visando o ensino de astronomia na educação básica.

Proposta didática para o ensino de configurações planetárias em sala de aula, de Hualan Patrício Pacheco. Este artigo apresenta uma proposta didática para o ensino dos conceitos de configurações planetárias como elongação, conjunção, oposição e quadratura. Dessa forma, considerando as posições relativas entre os planetas inferiores, superiores e a Terra e com o uso de materiais de baixo custo, a proposta pode permitir o aprendizado de tais conteúdos.

Mais informações sobre a Revista e instruções para autores constam do endereço: <www.relea.ufscar.br>. Os artigos poderão ser redigidos em português, castelhano ou inglês.

Agradecemos aos Srs. Walison Aparecido de Oliveira e Gustavo Ferreira de Amaral e à Srta. Ana Beatriz Almagro Rodrigues Rosa pela editoração dos artigos, aos editores associados, aos autores, aos árbitros e a todos aqueles que, direta ou indiretamente, nos auxiliaram na continuidade desta iniciativa e, em particular, na elaboração da presente edição.

Editores

Paulo S. Bretones

Jorge E. Horvath

Editorial

The Latin American Journal of Astronomy Education (RELEA) reaches its twenty-seventh issue, with good prospects for the immediate future in the major issues that interest us. The *VI Simpósio Nacional de Educação em Astronomia* (VI SNEA) is scheduled to take place from June 30 to July 3, 2020, at the *Universidade Estadual Paulista* (UNESP), in the city of Bauru, SP.

At the international level, as part of the activities of Commission C1 of the International Astronomical Union (IAU), an Astronomy Education Conference is being planned with the objective of being regular, every two years, with the aim of increasing quality, quantity, impact of research and practice of Astronomy education and to unite the community of the area. The *Astronomy Education Conference: Bridging Research & Practice*, will be held at ESO, Garching, in Munich, Germany, from September 16 to 18, 2019. On the event site (iau-dc-c1.org/astroedu-conference) you can download the first two circulars, keynote speakers and other informations.

In this issue we have five articles:

Copérnico e a teoria heliocêntrica: contextualizando os fatos, apresentando as controvérsias e implicações para o ensino de ciências (Copernicus and the heliocentric theory: contextualizing the facts, presenting controversies and implications for the teaching of sciences), by Hermano Ribeiro de Carvalho and Lucas Albuquerque do Nascimento. This work is the result of a historiographic study with the objective of presenting a vision about the construction, defense and dissemination of the work of Nicolaus Copernicus, contextualizing his time and interpreting the astronomical, philosophical and social aspects that influenced his theory that can be useful for the science teaching.

Vinte anos de OBA: uma análise da evolução do exame ao longo dos anos (Twenty years of OBA: an analysis of the evolution of the exam throughout the years), by João Paulo Casaro Erthal and Andriele da Silva Vieira. This paper analyzes the questions of the Brazilian Astronomy and Astronautics Olympiad (OBA). The results show an evolution of the tests, in terms of structure and content with more contextualized questions and with more didactic approaches.

A Astronomia e sua relação com a Geografia: contextualização histórica e abordagens no ensino (Astronomy and its relation to the geography: historical contextualization and teaching approaches), by Diego Maguelniski and Alcimara Aparecida Foetsch. This article proposes a historical and epistemological discussion about the relation Geography and Astronomy and the introduction of Astronomy subjects in the teaching of Geography in Brazil. With this purpose, a bibliographical review on researches already carried out was performed, presenting trends and discussions about the current context of the subjects in basic education.

Representações sociais de alunos do final do ensino médio sobre astronomia (Social representations of students at the end of high school on astronomy), by Adriano José Ortiz, Joici de Carvalho Leite, Tânia do Carmo, Michel Corci Batista and Carlos Alberto de Oliveira Magalhães Júnior. The article aims to analyze the social representations on astronomy in research with 24 third-year high school students from a public institution. The data was obtained by means of a test of free association of words and analyzed by the structuralist

approach. According to the results, the students presented a generalist concept discourse, away from the reified universe, making important a readjustment aiming at the teaching of Astronomy in basic education.

Proposta didática para o ensino de configurações planetárias em sala de aula (Didactic proposal for the teaching of planetary configurations in classroom), by Hualan Patrício Pacheco. This article presents a didactic proposal for the teaching of the concepts of planetary configurations, like elongation, conjunction, opposition and quadrature. Thus, considering the relative positions between the lower and upper planets and the Earth and with the use of low-cost materials, the proposal may allow the learning of such contents.

More information about the Journal and instructions for authors can be found at: <www.relea.ufscar.br>. The articles can be written in Portuguese, Spanish or English.

We are grateful to Mr. Walison Aparecido de Oliveira, Mr. Gustavo Ferreira de Amaral and to Miss. Ana Beatriz Almagro Rodrigues Rosa for their work towards the publication of this issue, associated editors, authors, referees and all those who, directly or indirectly, assisted us in the continuity of this initiative and, in particular, in the preparation of this edition.

Editors

Paulo S. Bretones

Jorge E. Horvath

Editorial

La Revista Latinoamericana de Educación en Astronomía (RELEA) alcanza su vigésimo séptimo número, con buenas perspectivas para el futuro inmediato en los principales temas que nos interesan. El *VI Simpósio Nacional de Educação em Astronomia* (VI SNEA) está programado para realizarse del 30 de junio al 3 de julio de 2020 en la *Universidade Estadual Paulista* (UNESP), en la ciudad de Bauru, SP.

A nivel internacional, como parte de las actividades de la Comisión C1 de la Unión Astronómica Internacional (IAU), se está planificando una Conferencia de Astronomía en Educación con el objetivo de ser regular, cada dos años, con el objetivo de aumentar la calidad, la cantidad y el impacto de la investigación y práctica de la educación astronómica y unir a la comunidad del área. La *Astronomy Education Conference: Bridging Research & Practice*, se celebrará en ESO, Garching, en Múnich, Alemania, del 16 al 18 de septiembre de 2019. En el sitio del evento (iau-dc-c1.org/astroedu-conference) Puede descargar las dos primeras circulares, *keynote speakers* y otras informaciones.

En este número contamos con cinco artículos:

Copérnico e a teoria heliocêntrica: contextualizando os fatos, apresentando as controvérsias e implicações para o ensino de ciências (Copérnico y la teoría heliocéntrica: contextualizando los hechos, presentando las controversias e implicaciones para la enseñanza de ciencias), de Hermano Ribeiro de Carvalho y Lucas Albuquerque do Nascimento. Este trabajo es el resultado de un estudio historiográfico con el objetivo de presentar una visión sobre la construcción, defensa y difusión de la obra de Nicolás Copérnico, contextualizando su tiempo e interpretando los aspectos astronómicos, filosóficos y sociales que influyeron en su teoría que pueden ser útiles para la enseñanza de la ciencia.

Vinte anos de OBA: uma análise da evolução do exame ao longo dos anos (Veinte años de OBA: un análisis de la evolución del examen a largo de los años), de João Paulo Casaro Erthal y Andriele da Silva Vieira. Este artículo analiza las preguntas de la Olimpiada de Astronomía y Astronáutica de Brasil (OBA). Los resultados muestran una evolución de las pruebas, en términos de estructura y contenido con preguntas más contextualizadas y con enfoques más didácticos.

A Astronomia e sua relação com a Geografia: contextualização histórica e abordagens no ensino (La Astronomía y su relación con la Geografía: contextualización histórica y enfoque de la enseñanza), de Diego Maguelniski y Alcimara Aparecida Foetsch. Este artículo propone una discusión histórica y epistemológica sobre la relación Geografía y Astronomía y la introducción de temas de Astronomía en la enseñanza de la Geografía en Brasil. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica de las investigaciones ya realizadas, presentando tendencias y discusiones en el contexto actual del tema en educación básica.

Representações sociais de alunos do final do ensino médio sobre astronomia (Representaciones sociales de alumnos del final de la enseñanza media sobre Astronomía), de Adriano José Ortiz, Joici de Carvalho Leite, Tânia do Carmo, Michel Corci Batista y Carlos Alberto de Oliveira Magalhães Júnior. El artículo pretende analizar las representaciones sociales sobre Astronomía en la investigación con 24 estudiantes de tercer año de secundaria de una institución pública. Los datos se obtuvieron mediante una prueba de libre asociación de palabras y se analizaron mediante el enfoque estructuralista. De acuerdo con los resultados,

los estudiantes presentaron un discurso con conceptos generalistas y lejano al universo deificado, siendo importante un reajuste orientado a la enseñanza de la astronomía en la educación básica.

Proposta didática para o ensino de configurações planetárias em sala de aula (Propuesta didáctica para la enseñanza de configuraciones planetarias en clase), de Hualan Patrício Pacheco. Este artículo presenta una propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de configuraciones planetarias como elongación, conjunción, oposición y cuadratura. De esta manera, considerando las posiciones relativas entre los planetas inferiores y superiores y la Tierra y con el uso de materiales de bajo costo, la propuesta puede permitir el aprendizaje de dichos contenidos.

Más información sobre la Revista e instrucciones para autores se encuentran en el *site*: <www.relea.ufscar.br>. Los artículos pueden ser escritos em portugués, español o inglés.

Agradecemos a los Sres. Walison Aparecido de Oliveira y Gustavo Ferreira de Amaral, y a la Srta. Ana Beatriz Almagro Rodrigues Rosa por la elaboración de la presente edición, a los editores asociados, a los autores, a los árbitros y a todos aquellos que, directa o indirectamente, nos ayudaron en la continuidad de esta iniciativa y, en particular, en la elaboración de la presente edición.

Editores

Paulo S. Bretones

Jorge E. Horvath

SUMÁRIO

1. COPÉRNICO E A TEORIA HELIOCÊNTRICA: CONTEXTUALIZANDO OS FATOS, APRESENTANDO AS CONTROVÉRSIAS E IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

Hermano Ribeiro de Carvalho / Lucas Albuquerque do Nascimento _____ 7

2. VINTE ANOS DE OBA: UMA ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO EXAME AO LONGO DOS ANOS

João Paulo Casaro Erthal / Andriele da Silva Vieira _____ 35

3. A ASTRONOMIA E SUA RELAÇÃO COM A GEOGRAFIA: CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA E ABORDAGENS NO ENSINO

Diego Maguelniski / Alcimara Aparecida Foetsch _____ 55

4. REPRESENTAÇÕES SOCIAIS DE ALUNOS DO FINAL DO ENSINO MÉDIO SOBRE ASTRONOMIA

*Adriano José Ortiz / Joici de Carvalho Leite
Tânia do Carmo / Michel Corci Batista
Carlos Alberto de Oliveira Magalhães Júnior* _____ 79

5. PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CONFIGURAÇÕES PLANETÁRIAS EM SALA DE AULA

Hualan Patrício Pacheco _____ 93

CONTENTS

1. **COPÉRNICO E A TEORIA HELIOCÊNTRICA: CONTEXTUALIZANDO OS FATOS, APRESENTANDO AS CONTROVÉRSIAS E IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS**

COPERNICUS AND THE HELIOCENTRIC THEORY: CONTEXTUALIZING THE FACTS, PRESENTING CONTROVERSIES AND IMPLICATIONS FOR THE TEACHING OF SCIENCES

Hermano Ribeiro de Carvalho / Lucas Albuquerque do Nascimento _____ 7

2. **VINTE ANOS DE OBA: UMA ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO EXAME AO LONGO DOS ANOS**

TWENTY YEARS OF OBA: AN ANALYSIS OF EVOLUTION OF THE EXAM THROUGHOUT THE YEARS

João Paulo Casaro Erthal / Andrielle da Silva Vieira _____ 35

3. **A ASTRONOMIA E SUA RELAÇÃO COM A GEOGRAFIA: CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA E ABORDAGENS NO ENSINO**

ASTRONOMY AND ITS RELATION TO THE GEOGRAPHY: HISTORICAL CONTEXTUALIZATION AND TEACHING APPROACHES

Diego Maguelniski / Alcimara Aparecida Foetsch _____ 55

4. **REPRESENTAÇÕES SOCIAIS DE ALUNOS DO FINAL DO ENSINO MÉDIO SOBRE ASTRONOMIA**

SOCIAL REPRESENTATIONS OF STUDENTS AT THE END OF HIGH SCHOOL ON ASTRONOMY

Adriano José Ortiz / Joici de Carvalho Leite

Tânia do Carmo / Michel Corci Batista

Carlos Alberto de Oliveira Magalhães Júnior _____ 79

5. **PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CONFIGURAÇÕES PLANETÁRIAS EM SALA DE AULA**

DIDACTIC PROPOSAL FOR THE TEACHING OF PLANETARY CONFIGURATIONS IN CLASSROOM

Hualan Patrício Pacheco _____ 93

SUMARIO

1. **COPÉRNICO E A TEORIA HELIOCÊNTRICA: CONTEXTUALIZANDO OS FATOS, APRESENTANDO AS CONTROVÉRSIAS E IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS**

COPÉRNICO Y LA TEORÍA HELIOCÉNTRICA: CONTEXTUALIZANDO LOS HECHOS, PRESENTANDO LAS CONTROVERSIAS E IMPLICACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE CIENCIAS

Hermano Ribeiro de Carvalho / Lucas Albuquerque do Nascimento _____ 7

2. **VINTE ANOS DE OBA: UMA ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO EXAME AO LONGO DOS ANOS**

VEINTE AÑOS DE OBA: UN ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DEL EXAMEN A LARGO DE LOS AÑOS

João Paulo Casaro Erthal / Andriele da Silva Vieira _____ 35

3. **A ASTRONOMIA E SUA RELAÇÃO COM A GEOGRAFIA: CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA E ABORDAGENS NO ENSINO**

LA ASTRONOMIA Y SU RELACIÓN CON LA GEOGRAFÍA: CONTEXTUALIZACIÓN HISTÓRICA Y ENFOQUE DE LA ENSEÑANZA

Diego Maguelniski / Alcimara Aparecida Foetsch _____ 55

4. **REPRESENTAÇÕES SOCIAIS DE ALUNOS DO FINAL DO ENSINO MÉDIO SOBRE ASTRONOMIA**

REPRESENTACIONES SOCIALES DE ALUMNOS DEL FINAL DE LA ENSEÑANZA MEDIA SOBRE ASTRONOMÍA

Adriano José Ortiz / Joici de Carvalho Leite

Tânia do Carmo / Michel Corci Batista

Carlos Alberto de Oliveira Magalhães Júnior _____ 79

5. **PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CONFIGURAÇÕES PLANETÁRIAS EM SALA DE AULA**

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

Hualan Patrício Pacheco _____ 93

COPÉRNICO E A TEORIA HELIOCÊNTRICA: CONTEXTUALIZANDO OS FATOS, APRESENTANDO AS CONTROVÉRSIAS E IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

*Hermano Ribeiro de Carvalho*¹
*Lucas Albuquerque do Nascimento*²

Resumo: Este trabalho é resultado de um estudo historiográfico baseado tanto em obras de historiadores da Ciência quanto em uma tradução do *Commentariolus* de Nicolau Copérnico. No Ensino de Ciências, o trabalho justifica-se pela necessidade de discussões que englobem algo mais do que a proposição de Copérnico acerca do heliocentrismo. Sendo assim, o objetivo geral é apresentar uma visão mais ampla sobre a construção, defesa e disseminação do trabalho de Nicolau Copérnico, contextualizando a época por ele vivida e interpretando os aspectos astronômicos, filosóficos e sociais que puderam influenciar sua teoria. Como resultados, pode-se destacar que Copérnico obteve a contribuição de diversos astrônomos para a elaboração e divulgação do Sistema Copernicano, sofreu influências pelo contexto social, cultural e filosófico, como, por exemplo, de alguns princípios neoplatônicos, e questões idealizadas inicialmente não foram resolvidas por meio do sistema proposto, a saber: a ideia inicial de simplificação do Sistema Ptolomaico, com a diminuição da quantidade de epiciclos. Por fim, torna-se possível vislumbrar algumas implicações para o Ensino de Ciências, como a possibilidade de articulação entre a História da Ciência, a Natureza da Ciência e do trabalho científico e de o texto poder contribuir como subsídio para uma metodologia de ensino por investigação.

Palavras-chave: História da Ciência; Teoria Heliocêntrica; Revolução Copernicana.

COPÉRNICO Y LA TEORÍA HELIOCÉNTRICA: CONTEXTUALIZANDO LOS HECHOS, PRESENTANDO LAS CONTROVERSIAS E IMPLICACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE CIENCIAS

Resumen: Este trabajo es el resultado de un estudio historiográfico basado tanto en obras de historiadores de la Ciencia cuanto en una traducción del *Commentariolus* de Nicolás Copérnico. En la Enseñanza de las Ciencias, el trabajo se justifica por la necesidad de discusiones que engloben algo más que la proposición de Copérnico acerca del heliocentrismo. Por lo tanto, el objetivo general es presentar una visión más amplia sobre la construcción, defensa y diseminación del trabajo de Nicolás Copérnico, contextualizando la época por él vivida e interpretando los aspectos astronómicos, filosóficos y sociales que pudieron influenciar su teoría. Como resultado, se puede destacar que Copérnico contó con la contribución de diversos astrónomos para la elaboración y divulgación del Sistema Copernicano, sufrió influencias por el contexto social, cultural y filosófico, como, por ejemplo, de algunos principios neoplatónicos, y cuestiones idealizadas inicialmente no fueron resueltas por medio del sistema propuesto, a saber: la idea inicial de simplificación del Sistema Ptolomaico, con la disminución de la cantidad de epiciclos. Por último, es posible vislumbrar algunas implicaciones para la Enseñanza de las Ciencias, como la posibilidad de articular la Historia de la Ciencia, la naturaleza de la Ciencia y el trabajo científico y el texto puede contribuir como elemento de una metodología de enseñanza por investigación.

Palabras clave: Historia de la Ciencia; Teoría Heliocéntrica; Revolución Copernicana.

¹ Instituto Federal do Maranhão, Timon, Brasil. E-mail: hermanoribeirodc@yahoo.com.br.

² Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.
E-mail: lucas.albuquerque13@hotmail.com.

COPERNICUS AND THE HELIOCENTRIC THEORY: CONTEXTUALIZING THE FACTS, PRESENTING CONTROVERSIES AND IMPLICATIONS FOR THE TEACHING OF SCIENCES

Abstract: This work is the result of a historiographical study based both on the works of historians of Science and on a translation of Nicholas Copernicus's *Commentariolus*. Within Science Teaching, the work is justified by the need of discussions that encompass something more than Copernicus's proposition about heliocentrism. Thus, the general objective is to present a broader view on the construction, defense and dissemination of the work of Nicholas Copernicus, contextualizing the time he lived and interpreting the astronomical, philosophical and social aspects that could have influenced his theory. As a result, it can be emphasized that Copernicus counted with the contribution of several astronomers for the elaboration and dissemination of the Copernican System, was influenced by the social, cultural and philosophical context, as for example some Neoplatonic principles, and initially idealized issues were not solved by means of the proposed system, namely: the initial idea of simplification of the Ptolemaic System, with the reduction of the number of epicycles. Finally, it becomes possible to glimpse some implications for Science Teaching, such as the possibility of articulation between the History of Science, the nature of Science and the scientific work and the text to contribute as a subsidy to a teaching by research methodology.

Keywords: History of Science; Heliocentric Theory; Copernican Revolution.

1 Introdução

O nome de Nicolau Copérnico (1473-1543) é bastante conhecido, sem dúvida, por estar ligado a uma das maiores revoluções científicas da Era Cristã: a Revolução Copernicana. Copérnico alterou a posição da Terra, bem como adicionou a ela dois movimentos, o de rotação e o de translação.

Isso tudo parece já ser do conhecimento de todos, mas há algumas questões por detrás dessa teoria que nem sempre são abordadas a contento. Dessa forma, para uma melhor compreensão e ensino de como, de fato, ocorreu à denominada Revolução Copernicana, há a necessidade de discussões que englobem algo mais do que a proposição de Copérnico acerca do heliocentrismo; que busque identificar a sociedade na qual ele viveu; as dificuldades pelas quais ele passou para construir e difundir sua teoria; dentre outros. E isso pode ser tema de pesquisas na área de Ensino de Ciências.

Por exemplo, o que pode ter influenciado Copérnico a representar o mundo de uma forma distinta da que estava estabelecida em sua época? Será que Copérnico estava convencido de que toda teoria geocêntrica estava equivocada e, portanto, alterou a mesma integralmente? Ou ainda, existiram dificuldades para a aceitação da teoria heliocêntrica? Se sim, por exemplo, quais estudos ulteriores dos mais diversos pesquisadores precisaram ser necessários para minimizar tais dificuldades?

Este trabalho busca, como objetivo geral, apresentar uma visão mais ampla sobre a construção, defesa e disseminação do trabalho de Nicolau Copérnico, contextualizando a época por ele vivida e interpretando os aspectos astronômicos, filosóficos e sociais que puderam influenciar sua teoria.

Além disso, como objetivo específico, este trabalho também propõe apresentar algumas controvérsias acerca das inovações inseridas por Copérnico em sua teoria, ou seja, ao se relacionar a teoria geocêntrica, que tem como maior expoente Cláudio Ptolomeu (90 – 168), e a teoria heliocêntrica, proposta por Nicolau Copérnico, o que

realmente havia de novo, além do posicionamento da Terra, e o que continuava semelhante.

Todas essas questões, que vão além do puro conhecimento conceitual do geocentrismo e do heliocentrismo, como contextualização da época, os objetivos de cada inovação na Ciência, a aceitação ou rejeição de uma teoria, dentre outros, podem ser esclarecidas a partir do estudo historiográfico mais aprofundado.

Portanto, utilizando a História da Ciência (HC), este trabalho apresenta uma concepção da figura de Nicolau Copérnico e da Revolução Copernicana, a saber: as dificuldades, as controvérsias, os avanços e retrocessos dos estudos, as pesquisas desenvolvidas, os elementos que caracterizam a construção de um determinado conhecimento científico, ou seja, não evidenciando apenas os resultados e acertos de um único estudioso, e sim apresentando as contribuições de vários estudiosos envolvidos na produção de uma teoria.

Por fim, apresenta-se como o presente trabalho, por meio do estudo historiográfico realizado, pode contribuir em uma situação no Ensino de Ciências, como, por exemplo, em uma aula de Astronomia, onde pode ser utilizada a metodologia de ensino por investigação (que se inicia com a proposição de algumas perguntas ou questões problematizadoras). Acredita-se que tal estudo pode servir como um material didático aos professores de Ciências (Física) e ser útil na discussão e abordagem da relação entre aspectos da História da Ciência, concepções sobre Natureza da Ciência (NdC) e do trabalho científico.

2 Antecedentes da Teoria de Copérnico

Desde muito tempo antes de Copérnico, os céus já eram observados e estudados por filósofos. Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C.) há mais de dois mil anos, apresentou argumentos sobre a forma da Terra que são válidos até hoje. “Aristóteles não era um astrônomo (na acepção atual da palavra). Seu interesse era explicar o universo, mas sem entrar em detalhes e sem fazer cálculos” (MARTINS, 1994, p. 77).

Aristóteles argumentava que a Terra estava estática no centro do Universo, enquanto as outras esferas celestes² a rodeavam concentricamente. Essa concentricidade também foi compartilhada nos estudos de Cálipo de Cízico (370 a.C. – 300 a.C.) e Eudoxo de Cnido (390 a.C. – 337 a.C.), que, segundo Copérnico (2003)³, não puderam explicar, por meio deles (círculos concêntricos), o movimento de todos os planetas.

A astronomia do século XIII, “na sua vertente teórica, estava empenhada principalmente em um debate acerca dos méritos respectivos das teorias filosóficas⁴ comparadas com as teorias matemáticas na hora de explicar os fenômenos” (CROMBIE, 1980a, p. 79). Daí pode-se perceber o porquê do aparecimento do conhecido sistema “aristotélico-ptolomaico”, pois eram de Aristóteles as teorias

² Na Antiguidade acreditava-se que os corpos celestes estavam presos em esferas transparentes que giravam para movimentá-los.

³ Essa citação se trata de uma tradução ao português da obra original *Commentariolus* de 1510.

⁴ Atualmente se poderia substituir o termo “teorias filosóficas” por “teorias físicas”, pois teorias físicas, como conhecemos hoje, surgem no século XVII. Na época em questão, a Física era representada pela Filosofia Natural, e esta se preocupava em explicar a realidade dos fatos.

filosóficas adotadas na época que regiam os movimentos astronômicos (bem como todos os outros movimentos) e, matematicamente e geometricamente, era o modelo de Ptolomeu o mais difundido e aceito na época.

O livro mais conhecido de Ptolomeu, *O Almagesto*⁵, “baseado em 500 anos de pensamento astronômico e cosmológico grego” (GRIBBIN, 2002, p. 27), possui como título grego original “A Compilação Matemática”. Segundo Crombie (1980a), o sistema cosmológico de Ptolomeu era basicamente aristotélico em relação às suas concepções físicas. No entanto, divergia em alguns pontos fundamentais “do único sistema adequado conhecido, o de Aristóteles.” (CROMBIE, 1980a, p. 85). “A dicotomia entre a cosmologia física de Aristóteles e a astronomia matemática de Ptolomeu persistiu durante a Idade Média” (CROMBIE, 1980b, p. 180). A teoria de Ptolomeu conflitava com a de Aristóteles principalmente quando tratava dos epiciclos e equantes e em relação ao movimento circular uniforme, algo que era defendido desde Platão⁶ (428 a.C. – 328 a.C.).

Koyré (1982) explica as motivações de Ptolomeu para algumas inovações que conflitavam com as ideias de Aristóteles, e a gravidade dessas em relação ao abandono do movimento circular uniforme da seguinte forma,

Para não aumentar indefinidamente o número de círculos, Ptolomeu teve de renunciar ao princípio do movimento circular uniforme ou, mais exatamente, encontrou um meio aparente de conciliar a aceitação do princípio com a impossibilidade de segui-lo de fato. Ele resolveu que a dificuldade pode ser vencida admitindo-se que o movimento é uniforme, não em relação ao centro do próprio círculo, mas em relação a um certo ponto interior excêntrico, ponto que ele chama de equante. [...] Isso era algo muito grave, pois, abandonando o princípio do movimento circular uniforme, abandonava-se a explicação física dos fenômenos. É a partir de Ptolomeu, justamente, que encontramos uma ruptura entre a astronomia matemática e a astronomia física (KOYRÉ, 1982, p. 85).

Dessa forma, nota-se a presença de incongruências físicas as quais o sistema aristotélico não possuía.

O sistema ptolomaico vinha sendo interpretado, com frequência, como afirmam Heath e Duhem (*apud* CROMBIE, 1980a)⁷, meramente como um artifício geométrico, por meio do qual explica-se os fenômenos observados ou “salva-se as aparências”. Então, percebe-se que o objetivo de Ptolomeu era muito mais explicar o que se via do que realmente explicar como as coisas de fato aconteciam⁸.

É na questão dos cálculos, no uso de todos os tipos de recursos matemáticos e na maior concordância entre teoria e observação que talvez esteja a maior diferença

⁵ Termo dado pelos árabes à obra de Ptolomeu, cujo significado é “o maior dos livros”.

⁶ “Encontramos em Platão uma fórmula muito clara das exigências e dos pressupostos da astronomia teórica: reduzir os movimentos dos planetas a movimentos regulares e circulares” (KOYRÉ, 1982, p. 82).

⁷ DUHEM, P. *Essaissur La notion de théoriephysique de Platon à Galilée. Annales de philosophiechrétienne*, VI, 1908.

HEATH, T. *Aristarchus of Samos: the ancient Copernicus*. Oxford, 1913.

⁸ Há que se frisar que o trabalho de Aristóteles não descrevia matematicamente os movimentos tão bem como o de Ptolomeu.

entre Ptolomeu e seus predecessores, pois a maioria defendia o modelo geocêntrico, mas Ptolomeu, além de aceitar e seguir essas ideias, também “elaborou uma detalhada teoria matemática dos movimentos dos planetas” (MARTINS, 1994, p. 78). Dessa maneira conseguiu alcançar um “alto grau de precisão e estava longe de ser um sistema ‘idiota’ como alguns textos elementares de hoje subjetivam” (MARTINS, 2003, p. 9).

Por mais que o modelo proposto por Ptolomeu, conforme Zanetic (2007), não oferecesse uma explicação física convincente com relação ao movimento retrógrado dos astros e à proximidade constante de Mercúrio e Vênus do Sol, entre outros, possuía um embasamento matemático espetacular e, a partir daí, buscava saídas para esses problemas, como, por exemplo, mediante o uso de epiciclos, deferentes e equantes.

Dessa forma, fica claro que “Ptolomeu teve de fazer dois grandes ajustamentos à noção básica de que a Terra estava no centro do Universo e tudo o resto revolteava ao seu redor” (GRIBBIN, 2002, p. 28). Ou seja, para tentar descrever os movimentos retrógrados dos planetas, Ptolomeu utiliza em sua teoria pequenos círculos (os epiciclos) que giravam num grande círculo perfeito (o deferente) ao redor da Terra (Figura 1), e esse foi o primeiro grande ajustamento.

O segundo ajustamento é a existência dos “pontos equânticos”, estes eram conjuntos de pontos levemente desviados da Terra em torno dos quais os planetas giravam com velocidade angular constante, ou seja, para cada planeta existia um ponto equante específico em torno do qual o movimento angular era uniforme (Figura 1), mas a Terra continua sendo o objeto central (ou estático) do Universo.

Na verdade, o que ocorre é o seguinte, o centro do epiciclo é um ponto que se encontra no deferente, este, por sua vez, possui um centro que não coincide com o centro da Terra, o que muitas vezes é equivocadamente afirmado, e aí está a excentricidade defendida por Ptolomeu (e, mais futuramente, Copérnico aceita a excentricidade, mas em relação ao Sol), ou seja, apesar de imóvel, a Terra não está no centro de cada órbita, ideia que é contrária ao sistema de esferas concêntricas⁹ de Cálipo de Cízico, Eudoxo de Cnido¹⁰ e Aristóteles, e o movimento circular dos planetas possui um ponto simétrico ao que se encontra à Terra, com relação ao centro do deferente, conhecido como equante, em relação ao qual o movimento angular do centro do epiciclo é uniforme (Figura 1).

⁹ “No modelo das esferas concêntricas todos os astros estão sobre superfícies esféricas em cujo centro está a Terra [...]” (MARTINS, 2003, p. 85).

¹⁰ Segundo Koyré (1982), Cálipo de Cízico e Eudoxo de Cnido foram discípulos de Platão e, como seu mestre, substituíram o movimento irregular dos astros errantes por movimentos bem ordenados e esferas concêntricas, isto é, encaixadas umas nas outras.

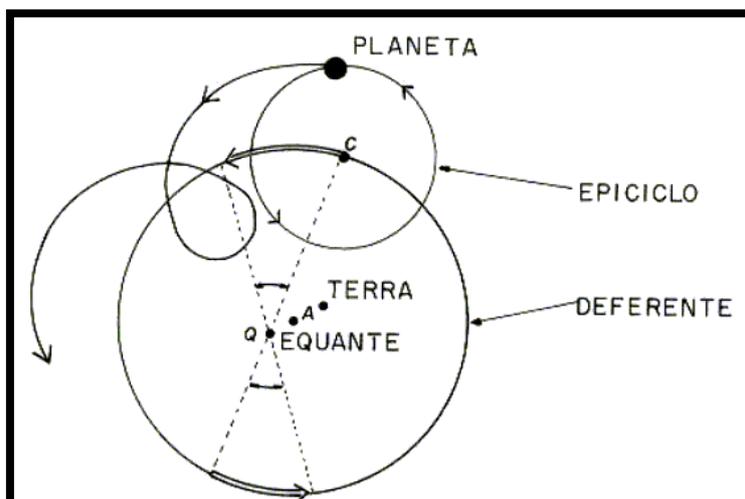


Figura 1 - Representação gráfica do epiciclo, deferente e equante.
Fonte: Grupo... (2014)¹¹.

Não há dúvidas que a utilização¹² de círculos menores – epiciclos – se movendo em círculos maiores – deferentes – para explicar o movimento retrógrado dos planetas, os quais Copérnico chamava de errantes¹³, bem como sua aproximação e afastamento da Terra, foi uma ideia no mínimo sagaz e, por mais que atualmente alguns possam se equivocar, entendendo que Ptolomeu foi um tolo, propondo um modelo totalmente diferente do aceito atualmente, “a proposta de Ptolomeu é Ciência, do mais alto nível” (MARTINS, 2003, p. 65).

Entretanto, na teoria de Ptolomeu, “[...] não existia qualquer tentativa para explicar os processos físicos que mantinham tudo a movimentar-se deste modo [...]” (GRIBBIN, 2002, p. 28). O *Almagesto* de Ptolomeu abordava, quase que em sua integralidade, cálculos e posições planetárias, o que às vezes dificultava o entendimento da maioria. Talvez por isso, apenas na metade do século XV, surgiu algum trabalho heliocêntrico com embasamento matemático capaz de rivalizar com a teoria geocêntrica aceita há séculos (BUTTERFIELD, 1949; KUHN, 1957).

Assim como a maioria dos filósofos anteriores, Ptolomeu adota um sistema geocêntrico, ou geostático, pois, como afirma Martins (2003), apesar de a Terra estar imóvel, não é o centro de todos os movimentos dos orbes.

O modelo de Ptolomeu era composto por oito orbes, a saber: orbe da Lua, do Sol, de Mercúrio, de Vênus, de Marte, de Júpiter, de Saturno e o orbe das estrelas fixas (Figura 2).

¹¹ GRUPO de história, teoria e ensino de ciências. Disponível em: www.ghtc.usp.br/server/Sites-HF/Geraldo/ptolemaico.htm. Acesso em: 02. abr. 2014.

¹² O termo “utilização” é o mais adequado, pois Ptolomeu não inventou o conceito de deferentes e epiciclos, uma vez que estes, segundo Koyré (1982), já teriam sido propostos por outros antes dele como, por exemplo, Hiparco (190 a.C. – 120 a.C.). Ainda conforme Koyré, a invenção da teoria dos epiciclos e dos excêntricos foi elaborada, sobretudo, pela escola de Alexandria, por Apolônio, Hiparco e Ptolomeu.

¹³ Copérnico, às vezes, chama os planetas de “errantes” pelo modo irregular que estes se movem em relação às estrelas. “Os movimentos aparentes de retrogressão e progressão dos errantes [...]” (COPÉRNICO, 2003, p. 117).

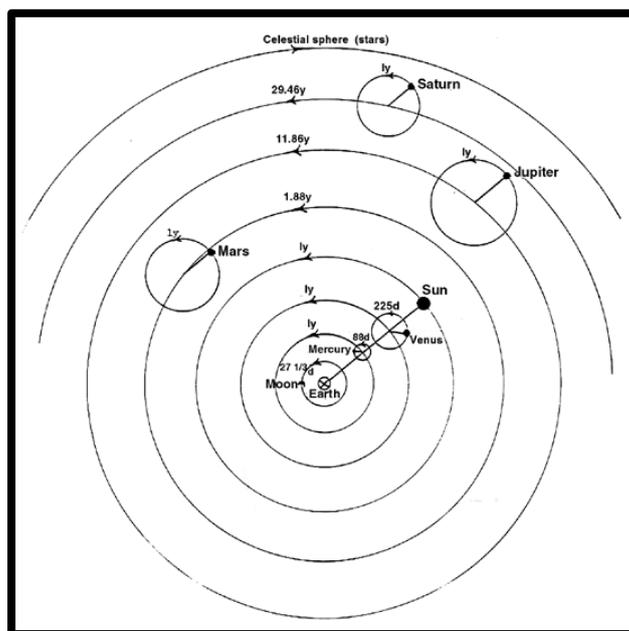


Figura 2 - Orbes do modelo de Ptolomeu.
Fonte: Hatch (2018)¹⁴.

Ptolomeu, além de discordar do sistema heliocêntrico¹⁵, também refutava a ideia de que a Terra poderia girar em seu próprio eixo com revoluções de vinte e quatro horas¹⁶. Para fundamentar sua crítica, Ptolomeu diz que “se a Terra girasse, pelo menos com uma revolução quotidiana¹⁷ [...] esse movimento deveria ser extremamente veemente e de uma velocidade insuperável”. E conclui, “ora, as coisas movidas por uma rotação violenta¹⁸ parecem ser totalmente inaptas a se reunir, mas parecem antes dever dispersar-se” (PTOLOMEU *apud* KOYRÉ, 1986, p. 206). Segundo Koyré (1982), o movimento de rotação da Terra contradizia a experiência quotidiana, ou seja, essa ideia configurava como uma impossibilidade física.

Essa questão da força centrífuga¹⁹ foi uma obstrução muito séria à aceitação da teoria de Copérnico no século XVI. Como afirma Butterfield (1949), somente após trabalhos como de Christiaan Huygens (1629-1695), cujos escritos apareceram cem anos após o *De Revolutionibus*, é que os comentários de Ptolomeu puderam ser rebatidos com um maior embasamento. Esse é um dos motivos que fez Ptolomeu negar

¹⁴ HATCH, R. A. **Simplified Ptolemaic scheme**. Disponível em: users.clas.ufl.edu/ufhatch/pages/02-teachingresources/HIS-SCI-STUDY-GUIDE/0033_simplifiedPtolemaicScheme.html. Acesso em: 01 set. 2018.

¹⁵ É necessário frisar que o heliocentrismo já havia sido defendido, antes de Copérnico, por Aristarco de Samos (310 a.C. – 230 a.C.), por exemplo, e era deste que Ptolomeu discordava.

¹⁶ Conforme Koyré (1982), Aristarco de Samos foi o responsável pelo lançamento da hipótese explicativa do duplo movimento da Terra, em torno do Sol e em torno de si mesma.

¹⁷ Movimento de rotação da Terra. Obs.: Por se tratar de uma citação direta, o termo “quotidiana” foi escrito tal qual é encontrado no trabalho de referência. Mas o mesmo termo pode ser encontrado neste trabalho com uma escrita diferenciada, mais comum ao português do Brasil.

¹⁸ Rotação violenta, nesse sentido, tem relação com a velocidade de rotação da Terra de aproximadamente 1.700km/h.

¹⁹ O conceito de força centrífuga, tal qual conhecemos atualmente, só foi inserido por Huygens.

o movimento da Terra, entretanto, conforme Butterfield (1949), essa ideia lhe ocorreu, mas era impossível levantar tal hipótese no contexto da física aristotélica.

Em relação às dificuldades em relacionar o movimento da Terra com a física da época, Koyré (1982) afirma que:

Por vezes se disse que a ideia do movimento da Terra contradizia demasiadamente as concepções religiosas dos gregos. Penso que, antes, foram outras as razões que determinam o insucesso de Aristarco, certamente as mesmas que, desde Aristóteles e Ptolomeu até Copérnico, se opuseram a toda hipótese não geocêntrica: foi a invencibilidade das objeções físicas contra o movimento da Terra (KOYRÉ, 1982, p. 83).

Além da teoria de Ptolomeu ser bastante eficaz para o meio intracientífico²⁰, também atendia aos anseios extracientíficos²¹, pois, por exemplo, de acordo com a tradição bíblica, no centro de tudo estava a Terra e o homem, para quem tudo foi criado. Os estudos de Ptolomeu também serviram para guiar alguns navegadores na antiguidade. Segundo Kuhn (1957), através dessas explorações os homens puderam perceber o quanto estavam erradas as antigas descrições sobre a forma da Terra e, assim, aprenderam que Ptolomeu podia estar errado, pois ele fora o maior geógrafo, assim como o maior astrônomo e astrólogo, da Antiguidade.

3 Uma breve biografia

Em 19 de fevereiro de 1473, nasce Mikolaj Kopernik, em Torun, na Prússia (hoje Polônia) (Figura 3).



Figura 3 - Mapa da Polônia, em detalhe a cidade de Torun e a capital Varsóvia.
Fonte: Greenwich Mean Time (2014)²².

²⁰ Meio no qual há a prevalência dos conhecimentos científicos sobre quaisquer outros conhecimentos.

²¹ Os fatores alheios à Ciência, como: religião, sociedade, política, dentre outros.

²² GREENWICH MEAN TIME. **Mapa da Polônia**. Disponível em: www.greenwichmeantime.com/time-zone/europe/european-union/poland/map. Acesso em: 01 abr. 2014.

Mais tarde, latinizou seu nome para Nicolaus Copernicus, “uma prática comum na altura, principalmente entre os humanistas do Renascimento” (GRIBBIN, 2002, p. 29).

O pai de Copérnico também se chamava Nicolau e era um rico mercador de cobre bem como seus antepassados. A família era composta por mais quatro integrantes: Sua mãe, Bárbara; seu irmão, Andreas; e suas irmãs, Bárbara e Catarina. Em 1483, ou 1484, morre o patriarca da família. Um irmão de Bárbara, Lucas Watzelrode, é cônego de Wloclawek e convida todos para morarem com ele.

Em 1491, Copérnico se matriculou na Universidade de Cracóvia para estudar as artes liberais. Lá, pôde ter contato com estudos matemáticos e astronômicos, e também foi lá onde, segundo Gribbin (2002), parece ter ficado pela primeira vez seriamente interessado pela Astronomia, adquirindo livros de geometria (Euclides), astronomia e astrologia.

Entretanto, mesmo após quatro anos de estudo em Cracóvia, Copérnico não terminou a graduação, pois teve de retornar a Ermland, cidade onde seu tio Lucas era bispo.

Copérnico e seu irmão Andreas vão para a Itália, em 1496, para prosseguirem seus estudos acadêmicos. Copérnico se matricula na Universidade de Bolonha para estudar Direito. Além dos estudos de Direito, ele também assiste cursos científicos, especialmente do astrônomo Domenico Maria Novara (1454-1504), de tendência neoplatônica. Sob sua orientação, Copérnico desenvolve suas primeiras observações astronômicas conhecidas. É sabido que, “nesse período, Copérnico comprou e leu um resumo do *Almagesto* de Ptolomeu” (MARTINS, 2003, p. 97).

Copérnico é nomeado, por seu tio Lucas, um dos dezesseis cônegos da diocese de Frauenburg (um caso literal de nepotismo²³), esse posto lhe dá segurança financeira e lhe permite dedicar-se aos estudos.

Estuda grego e latim, podendo assim, como afirma Martins (2003), provavelmente tomar consciência da existência de pensadores antigos, que já supunham ser a Terra apenas mais um planeta como os outros. Em 1501, após uma estada de alguns meses na Polônia, Copérnico retorna à Itália com o objetivo de estudar Medicina na cidade de Pádua.

Por volta de 1503, conforme Martins (2003), ele obtém o título de Doutor em Direito Canônico em Ferrara e também, nessa época, obtém um posto de professor na igreja de Santa Cruz de Breslau, mas este posto ele nunca assumiu, ficando, assim, conforme Martins (2003), toda a vida afastado dos deveres docentes.

É provável que, a partir de 1506, Copérnico tenha começado a desenvolver sua teoria heliocêntrica. Aproximadamente em 1510, Copérnico escreve o *Commentariolus*, obra esta que, quando redescoberta, há mais de um século atrás, como afirma Martins (2003), imaginou-se, primeiramente, que se tratava de um resumo do *De Revolutionibus*, mas verificou-se que essas duas obras apresentavam diferenças em pontos cruciais e eram obras distintas.

²³ Nepotismo, nesse caso, se aplica tal qual é interpretada atualmente, como uma concessão de privilégios ou cargos a parentes. Exclui-se, assim, qualquer outra compreensão que se possa ter do termo em questão.

O *Commentariolus* não chegou a ser publicado por Copérnico, “[...] circulou apenas sob forma manuscrita, durante sua vida e até o final do século XVI” (MARTINS, 2003, p. 25), sendo encontradas cópias do manuscrito somente no século XIX. Quando o *Commentariolus* foi escrito, segundo Martins (2003), Copérnico ainda não havia desenvolvido integralmente as ideias que utilizaria em sua maior e mais famosa obra, o *De Revolutionibus*.

Em torno de 1515, Copérnico é convidado a participar dos trabalhos de reforma do calendário, entretanto, recusa por afirmar falta de informações seguras acerca dos movimentos do Sol e da Lua. Nessa mesma época, ele realiza uma de suas poucas observações astronômicas e inicia a redação de sua obra maior, *De Revolutionibus*. Em 1529, Copérnico realiza as últimas observações astronômicas registradas no *De Revolutionibus*, que são as de Vênus. Em torno de 1530, a versão preliminar desta obra deve ter sido completada.

Várias personalidades que tiveram contato com as ideias de Copérnico, entre astrônomos, arcebispos e amigos, o estimularam a publicar suas ideias, mas ele se mantém reticente. Segundo Crombie (1980b), o motivo de sua repugnância a publicar esta teoria, em grande parte, seria o temor de que ela fosse considerada absurda.

De acordo com Martins (2003), alguns astrônomos de Cracóvia, a saber: Marcin Biem Olkusz (1470-1548), Nicola Szadek (1489-1564) e Stanislaw Aurifaber-Lubart (1487-1541), colaboraram com o seu trabalho. Outro amigo que colaborou bastante para a publicação do trabalho de Copérnico foi Georg Joachim Rheticus (1514-1574). Ele escreve um pequeno tratado, *Narratio Prima*, onde descreve e defende as ideias de Copérnico. Essa obra é impressa em 1540 e recebe reações muito positivas. Por volta de 1541, Rheticus retorna a Frauenburg para encontrar Copérnico novamente, que parece, agora, convencido da importância da publicação de sua obra.

Nessa época, Andreas Osiander (1498-1552), de Nuremberg, escreve a Copérnico e Rheticus propondo uma ressalva para a publicação da teoria heliocêntrica. Ele propõe que a teoria seja apresentada como uma “hipótese formal (e não como uma descrição da realidade), tendo por objetivo apenas facilitar os cálculos” (MARTINS, 2003, p. 103). Copérnico nega-se a adotar esse posicionamento, pois acreditava que sua teoria descrevia a realidade cosmológica.

Dessa forma, Osiander consegue introduzir essa ideia na primeira edição da obra como um “prefácio ao leitor”, pois ele, por ser amigo de Rheticus, assume os trabalhos de edição da obra.

Ao final de 1542, Copérnico sofre uma hemorragia cerebral e fica paralítico. Em março de 1543, termina a impressão do *De Revolutionibus*. Um exemplar é levado a Copérnico que, segundo Martins (2003), o recebe pouco antes de morrer, segundo se conta, no dia 24 de maio. Nicolau Copérnico foi enterrado na Catedral de Frauenburg.

4 O contexto de sua época

Copérnico viveu, como afirma Kuhn (1957), um período de agitação geral e turbulência da Europa durante o Renascimento e a Reforma Protestante. Sem dúvida isso facilitou sua inovação astronômica, pois, nesses períodos, “[...] os estereótipos são muito prontamente banidos [...]” (KUHN, 1957, p. 148). Em épocas de alterações na

vida de uma forma geral, tanto política como social e religiosa, “[...] uma inovação planetária podia ao princípio nem sequer parecer uma inovação” (KUHN, 1957, p. 148).

Em um primeiro momento, as alterações, reivindicadas por Copérnico, sobre o modelo astronômico planetário, para a sociedade da época, não parecia surtir efeito algum concretamente no cotidiano. A geometria dos movimentos dos corpos celestes, as ideias neoplatônicas de Copérnico, nada disso parecia surtir qualquer efeito sobre as necessidades e dúvidas da sociedade da época.

Dessa maneira, por mais que os estudos de Copérnico pudessem ser mais abrangentes, na sua época, apenas colocar a Terra em movimento para simplificar um modelo astronômico não parecia ser nada demais.

Pode-se até afirmar que “características específicas da época tiveram efeitos mais concretos sobre a astronomia” (KUHN, 1957, p. 148). Por exemplo, as navegações e as tentativas de reforma do calendário, o qual, diga-se de passagem, só foi reformado depois de Copérnico e sem contribuição do mesmo, eram as maiores motivações para se querer estudar os corpos celestes.

Em relação à reforma do calendário, os estudos de Copérnico tratavam apenas do ano sideral (tempo para uma revolução de 360° de um corpo celeste em torno do Sol) e não do ano trópico (tempo que o Sol leva, em seu movimento aparente com relação às estrelas, para retornar ao mesmo ponto em que ocorre um dos equinócios ou solstícios, os quais marcam o início das estações do ano). O nosso calendário anual é baseado no ano trópico e não no sideral, para que as estações do ano iniciem sempre em torno das mesmas datas do ano.

Alguns séculos após o lançamento da obra mais conhecida de Nicolau Copérnico, *De Revolutionibus*, seu nome passou a ser associado a uma revolução científica. Na verdade, a maior revolução astronômica ocorrida na Era Cristã leva o nome do estudioso prussiano. Entretanto, é necessário fazer uma ressalva importante, pois, como afirma Kuhn (1957), apesar de o nome da revolução ser no singular, o acontecimento foi plural.

Copérnico “não atacou o universo de duas esferas embora o seu trabalho acabasse por derrubá-lo, e não abandonou o uso de epiciclos e dos excêntricos, apesar de que estes também foram abandonados pelos seus sucessores” (KUHN, 1957, p. 94).

Então, há que se ter muito cuidado quando se interpreta o nome “Revolução Copernicana”, pois é comum o equívoco de se creditar somente a Copérnico todas as implicações futuras que tiveram início com a sua teoria.

Segundo Kuhn (1957), foram os estudiosos que se basearam em Copérnico que “tornaram explícitas as consequências que mesmo o autor não vira no seu trabalho”. “Existia muito mais por detrás da astronomia de Copérnico, para aqueles que tivessem olhos para ver, do que a simples afirmação de que a Terra orbita em redor do Sol” (GRIBBIN, 2002, p. 36).

Percebe-se, então, que Copérnico sem dúvida modificou o modelo astronômico que vinha sendo aceito há séculos, mas, em suma, não alterou o pensamento da época. Pois, nem ele mesmo tinha ciência das consequências mais extremas de suas inovações.

“Com exceção daqueles com inclinação astronômica, o movimento da Terra parecia tão perto do absurdo, nos anos a seguir à morte de Copérnico, como antes” (KUHN, 1957, p. 223). Segundo Butterfield (1949),

É errado imaginar que a publicação da grande obra de Copérnico, em 1543, abalou imediatamente os alicerces do pensamento europeu ou foi suficiente para alcançar algo de semelhante a uma revolução científica. Pelo contrário, foi só uma geração depois da morte de Copérnico, a caminho do fim do século XVI, que se abriu, de fato, o período de transição crucial e que os conflitos cresceram em intensidade (BUTTERFIELD, 1949, p. 57).

É muito difícil se afirmar, até mesmo, que os estudiosos que, muitas vezes citados como articuladores do paradigma de Copérnico, contribuíram para a construção do modelo astronômico que conhecemos hoje se inspiraram, todos eles, em Copérnico. Por exemplo, Tycho Brahe (1546 – 1601) não aceitava o heliocentrismo da forma que Copérnico colocava. Ele utilizava, na verdade, quase que uma forma híbrida dos dois modelos²⁴, de Ptolomeu e de Copérnico (Figura 4). Mas por que Tycho Brahe retrocederia em relação a Copérnico? Koyré (1982) acredita que,

[...] ele foi levado por dois tipos de considerações, de naturezas bem diferentes: de um lado, suas convicções religiosas, que não lhe permitiam aceitar uma doutrina contrária às Sagradas Escrituras e, de outro lado, a impossibilidade de admitir o movimento da Terra do ponto de vista físico (KOYRÉ, 1982, p. 87).

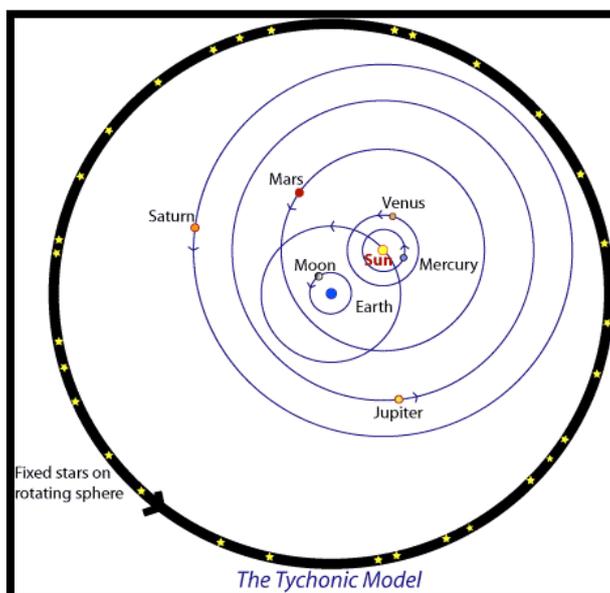


Figura 4 - Modelo astronômico de Tycho Brahe.
Fonte: Glogster (2014)²⁵.

²⁴ Tycho Brahe acreditava que todos os planetas giravam ao redor do Sol, e todo esse conjunto de corpos celestes giravam ao redor da Terra, que se mantinha estática.

²⁵ GLOGSTER. **Historia de los Modelos Planetarios**. Disponível em: www.glogster.com/patry14/historia-de-los-modelos-planetarios/g-6m11h0de09lon5evt38pja0. Acesso em: 01 abr. 2014.

Johannes Kepler (1571 – 1630), embora defendesse as ideias de Copérnico, alterou quase que toda a teoria do mesmo, Isaac Newton (1642 – 1727) se inspirou nos estudos de Kepler, e Albert Einstein (1879 – 1955) alterou a teoria de Newton. Sendo assim, não é suficiente apenas afirmar que todos os avanços ulteriores a Copérnico têm como base a sua teoria, pois embora ela tenha dado uma espécie de pontapé inicial a essa Revolução, ela foi bastante alterada no decorrer dos séculos.

Kuhn (1957) contribui com essa ideia afirmando que,

A maioria dos elementos essenciais pelos quais conhecemos a Revolução Copernicana – cálculos fáceis e exatos da posição planetária, o Sol como uma estrela, a expansão infinita do universo – estes e muitos outros não são encontrados em parte alguma na obra de Copérnico (KUHN, 1957, p. 160).

A Igreja pode não ter percebido o quão ofensiva era a teoria de Copérnico para seus dogmas, em um primeiro momento. Mas, ao se dar conta do prejuízo que aquela poderia trazer, fez questão de incomodar sobremaneira o trabalho dos estudiosos que, além de aceitarem a teoria copernicana, também tiravam dela conclusões mais filosóficas.

Copérnico demorou muito anos para lançar sua principal obra, *De Revolutionibus*, que parecia estar pronta pelo menos 10 anos antes do lançamento. Pela perseguição e censura religiosa que alguns defensores do heliocentrismo sofreram, é comum alguns autores fazerem uma ligação desse atraso do lançamento da obra com uma provável preocupação de Copérnico com o entendimento da Igreja acerca da sua obra. Mas, na verdade, “não existem indícios que Copérnico estivesse muito preocupado com o risco de perseguição por parte da Igreja se publicasse as suas ideias mais formalmente” (GRIBBIN, 2002, p. 31).

Copérnico tinha mais receio que seu trabalho fosse ridicularizado, uma vez que matematicamente era adequado, mas, se confrontado com a física aristotélica, deixava muito a desejar. Deve-se ressaltar que “as objeções físicas contra o movimento da Terra eram irrefutáveis antes da Revolução Científica do século XVII” (KOYRÉ, 1982, p. 88). Alguns argumentos, por exemplo, citados por Koyré (1986), que sempre eram feitos para refutar a ideia de rotação da Terra eram:

As coisas caindo livremente não chegariam também em perpendicular ao lugar que lhes foi destinado, lugar, entretanto, retirado com tal rapidez de debaixo delas. E também veríamos sempre dirigirem-se para o ocidente as nuvens e todas as coisas que flutuam no ar (KOYRÉ, 1986, p. 207).

Se as ideias contidas no *De Revolutionibus* foram difundidas pela Europa, Copérnico deve muito aos seus discípulos e admiradores. Pois ele mesmo não pôde difundir e nem mesmo defender sua obra, uma vez que o lançamento da mesma coincidiu com a morte do seu autor. Kuhn (1957) cita Georg Joachim Rheticus (1514 – 1574), discípulo de Copérnico, o astrônomo inglês Thomas Digges (1546 – 1595) e o professor de astronomia da Universidade de Tübingen, Michael Maestlin (1550 – 1631), professor de Kepler, como semeadores do copernicanismo.

Maestlin, no entanto, afirmou, segundo Butterfield (1949), serem necessárias observações mais perfeitas do que as de Ptolomeu ou de Copérnico e que tinha chegado o tempo de uma “renovação radical da astronomia”.

Erasmus Reinhold (1511 – 1553) é apontado por Kuhn (1957) como um dos primeiros astrônomos a prestar um serviço importante aos copernicanos, em se declarar ele próprio a favor do movimento da Terra. Esse tipo de posicionamento é realmente importante, pois, para vários estudiosos da época, Copérnico ou era desconhecido ou era ignorado. Então, é possível perceber que as ideias de Copérnico não foram prontamente aceitas assim que publicadas.

“O sucesso do *De Revolutionibus* não implica o sucesso da sua tese central” (KUHN, 1957, p. 218). Sendo assim, o prefácio introduzido a obra, por Osiander, parece ter surtido efeito, pois os cálculos de Copérnico foram realmente utilizados e aprovados, mas suas ideias relacionadas ao movimento da Terra ainda necessitariam de muito tempo para serem aceitas.

Como já foi dito, Copérnico não temia retaliações da Igreja por causa de suas ideias. E realmente elas não vieram, pelo menos sobre Copérnico²⁶. Segundo Butterfield (1949), os católicos romanos precisaram de quase cinquenta anos pra perceber que as ideias de Copérnico poderiam ser ofensivas em relação à Sagrada Escritura.

Sem dúvidas, o prefácio de Osiander ajudou a encobrir essa ideia contra a Bíblia que poderia ser retirada da obra de Copérnico, mas “seguramente não acalmou os luteranos e o livro foi redondamente condenado pelo movimento protestante europeu” (GRIBBIN, 2002, p. 35). “Martinho Lutero (1483-1546), Philipp Melachthon (1497-1560) e João Calvino (1509-1564) criticam Copérnico através da Escritura Sagrada” (KUHN, 1957, p. 224). Cada vez mais a Bíblia tornou-se fonte favorita de argumentos anticopernicanos.

Não há dúvida que as conclusões de Giordano Bruno (1548–1600) sobre as ideias de Copérnico influenciaram bastante nesse posicionamento crítico dos religiosos. Baseados na Bíblia, os religiosos afirmavam que os humanos eram seres especiais, aos olhos de Deus, e que todo o mundo foi criado somente para eles. Já Giordano Bruno afirmou que além da Terra não estar no centro do universo, os humanos poderiam não ser os únicos seres vivos neste.

Para ele, o mundo era infinito e seria possível também encontrar novos planetas por todo firmamento. Esse tipo de conclusão tirada a partir das ideias de Copérnico fez a Igreja ficar mais atenta e perceber que aquela teoria era prejudicial às ideias defendidas pela própria Igreja. Giordano Bruno acabou sendo condenado pela Inquisição e queimado na fogueira em 1600.

Durante os séculos XIV, XV e XVI, segundo Kuhn (1957), a Igreja não se interessou em impor aos seus membros qualquer tipo de conformidade cosmológica.

Butterfield (1949) e Kuhn (1957) afirmam que, após 1610, a Igreja Católica se junta aos Protestantes na resistência contra o copernicanismo, a acusação passou a ser de heresia formal. A partir do momento que as ideias de Copérnico começam a serem levadas a sério, problemas gigantescos surgem para a crença cristã.

²⁶ Copérnico não recebe as críticas, pois faleceu no mesmo ano em que sua principal obra foi publicada. Mas isso não quer dizer que seu trabalho não tenha sido alvo de críticas.

Butterfield (1949), Kuhn (1957), Crombie (1980b) e Gribbin (2002) concordam que, em 1616, a obra *De Revolutionibus*, de Nicolau Copérnico, vai para o Index dos livros banidos, e tanto a teoria de Copérnico como a opinião concreta de mobilidade da Terra foram proibidas e consideradas contrárias à fé católica. Alguns autores discordam em relação à data que o livro voltou a poder ser lido. Para Gribbin (2002), somente em 1835 o livro foi tirado do Index, mas para Crombie (1980b), o livro foi retirado em 1620 do índice de livros banidos.

Além de Giordano Bruno, Galileu Galilei (1564 – 1642) também sofreu retaliações por parte da Igreja. Mesmo tendo muitos contatos dentro da mesma, e talvez essa tenha sido sua atenuante em relação à pena imposta a Bruno, ele foi obrigado a negar suas conclusões acerca de seus estudos astronômicos, além de ficar em um regime de prisão domiciliar até o último dia de sua vida.

5 Possíveis motivos para uma revolução?

Apesar de toda complexidade e utilidade do modelo defendido por Ptolomeu na sua época, sua teoria, assim como todas as outras, não podem ser consideradas como infalíveis e apresenta algumas incongruências.

Conforme Kuhn (1957), um esquema conceitual, acreditado porque é econômico, útil e cosmologicamente satisfatório, pode levar a resultados que são incompatíveis com a observação; a crença, então, deve render-se e ser adotada uma nova teoria.

Além disso, como afirma Butterfield (1949), muito antes de Copérnico, sabia-se que, apesar de toda sua complexidade, o sistema ptolomaico não cobria todos os fenômenos tal como eles eram observados, e foram essas incompatibilidades que, provavelmente, chamaram a atenção de Nicolau Copérnico.

Copérnico não se baseou apenas em dados astronômicos para discordar do sistema de Ptolomeu, ou seja, a sua insatisfação, na verdade, poderia estar muito além da astronomia de sua época, uma vez que se pode perceber que Copérnico parece ter sido influenciado por uma tradição neoplatônica, pois, conforme Kuhn (1957), as fontes imediatas de Copérnico são neoplatônicas e ele teria se inserido nessa tradição.

Domenico Maria Novara, amigo e professor de Copérnico em Bolonha, tinha uma relação direta com os pensamentos neoplatônicos e, talvez por isso, tenha sido um dos primeiros a criticar o sistema de Ptolomeu utilizando fundamentações neoplatônicas.

Um forte indício da tendência neoplatônica no trabalho de Copérnico talvez possa ser observado no seu rebuscamento matemático, pois os neoplatônicos acreditavam que a matemática seria o elemento chave para se chegar à natureza essencial de Deus (essa abordagem matemática neoplatônica, muitas vezes, é atribuída a Pitágoras), e sabe-se que, matematicamente, o trabalho de Copérnico é admirável e, para muitos, superou o trabalho de Ptolomeu.

Kuhn (1957) ainda apresenta outro ponto importante a respeito do neoplatonismo, em tese, envolvido no trabalho de Copérnico. Segundo ele, os neoplatônicos acreditavam que a divindade fecunda era representada pelo Sol e este, por

sua importância, deveria estar “no meio de todos os assentos”, ou seja, deveria abandonar o seu posto de coadjuvante, no qual se encontrava no sistema planetário de Ptolomeu, e assumir o papel de esfera central da qual nós recebíamos luz, calor e que seria também responsável pela fertilidade do universo.

O neoplatonismo, para Kuhn (1957), é explícito na atitude de Copérnico tanto em relação ao Sol como em relação à sua matemática. Entretanto, há que se fazer uma ressalva em relação ao momento que Copérnico teria assumido esse caráter neoplatônico, pois o próprio Kuhn compartilha da dificuldade de cravar, cronologicamente, se essa atitude neoplatônica foi tomada por Copérnico antes ou depois da elaboração de sua teoria astronômica.

Dessa forma, por mais que os fatos citados suponham um direcionamento de Copérnico para essa vertente, não se pode afirmar, com toda certeza, que as mesmas o influenciaram desde o início de seus estudos. Obviamente que essa discussão não tem o objetivo de concluir que sejam somente esses fatores que motivaram Copérnico a repensar os parâmetros astronômicos da época, mas, de qualquer modo, eles deram-lhe um argumento para o novo sistema e parecem ter sido importantes para o novo entendimento de Copérnico acerca do universo.

Se não foram, pelo menos integralmente, os pensamentos neoplatônicos que influenciaram Copérnico no seu novo modo de perceber o movimento das esferas celestes no universo, o que poderia ter sido?

Copérnico, ao contrário do que se pode pensar, devido alguns equívocos historiográficos, os quais vêm sendo cometidos ao longo dos tempos, não abandonou a teoria anterior, que vigorava há pelo menos doze séculos, totalmente. Pelo contrário, na verdade, ele, em princípio, defendia aspectos da teoria de Ptolomeu e os incorporou ao seu modelo, como os epiciclos e as esferas de cristal.

Ainda “é, inclusivamente, verdade que Copérnico confiava demasiado nas observações feitas pelo próprio Ptolomeu na antiguidade”. (BUTTERFIELD, 1949, p. 33), bem como a maioria dos estudiosos que o precederam e o sucederam também.

Como já foi dito neste trabalho, o trabalho de Ptolomeu não era algo elementar, muito pelo contrário, foi um trabalho fruto de muitos estudos, observações, e, acima de tudo, um modelo com o qual se conseguia explicar (ou salvar) as aparências, ou seja, o que era observado aqui da Terra.

As grandes esferas de cristal²⁷ encaixadas e girando uma dentro da outra, que são defendidas por Ptolomeu, não são refutadas por Copérnico. Pelo contrário, ele acreditava na existência das mesmas. Entretanto, a diferença é que, segundo Martins (1994), as esferas estariam girando em torno do Sol e não da Terra, ou seja, “a própria teoria de Copérnico consistia apenas numa versão modificada do sistema ptolomaico [...] graças à transposição dos papéis da Terra e do Sol” (BUTTERFIELD, 1949, p. 35).

Apesar de concordar com a existência das esferas cristalinas, é em relação a uma conclusão de Ptolomeu a respeito dessas que Copérnico se opõe veementemente e chega a afirmar que “é uma especulação”: a existência dos equantes, “nem bastante absoluta, nem bastante racional” (COPÉRNICO, 2003, p. 113), pois as esferas, conforme Gribbin (2002) explica, transportavam os corpos celestes ao longo de círculos

²⁷ Nesse contexto, segundo Gribbin (2002), “cristal” quer apenas dizer “invisível”.

que não giravam uniformemente em torno da Terra, mas sim em torno de pontos próximos a ela, chamados “pontos equânticos”.

“Os equantes representam uma técnica astronômica repudiada por Copérnico” (MARTINS, 2003, p. 113). “A impossibilidade de explicação física, mecânica, da astronomia ptolomaica, aquele famoso equante que introduzira nos céus um movimento não uniforme, pareciam-lhe verdadeiramente inadmissíveis” (KOYRÉ, 1982, p. 86).

Segundo Martins (2003), essa técnica violaria a exigência de movimentos uniformes de rotação em torno do centro, como a rotação simples de uma esfera.

Outro ponto ao qual Copérnico se refere em suas críticas ao trabalho de Ptolomeu é a sua complexidade. Tanto pela sua matemática como pela quantidade de epiciclos que devem ser usados para se explicar os movimentos dos corpos celestes. Mas, em relação a este ponto, Copérnico não constrói uma teoria tão diferente. Seu trabalho possui cálculos matemáticos complexos e um número de círculos maior que do *Almagesto*.

Devido a essa dificuldade, Martins (2003) afirma, sobre o *De Revolutionibus*, que, desde sua publicação, não é muito provável que este livro tenha sido total e cuidadosamente lido por mais de cem pessoas. Ou seja, Copérnico critica, mas nem ele próprio consegue imaginar um modelo astronômico simples que consiga demonstrar o movimento dos céus observados aqui da Terra.

6 Em que Copérnico realmente inovou?

Nicolau Copérnico tinha por objetivo simplificar o modelo que vinha sendo aceito há pelo menos doze séculos, cujo autor era Claudio Ptolomeu. Segundo o próprio, “Tendo enfrentado um problema tão difícil e quase insolúvel, veio-me enfim o modo de resolvê-lo com elementos menos numerosos, mais simples e muito mais convenientes do que os precedentes” (COPÉRNICO, 2003, p. 113).

Copérnico chega a dar provas que essa simplificação, à qual ele se refere, não é uma mera falácia em sua argumentação. Ptolomeu, no seu *Almagesto*, utiliza 40 círculos para conseguir “salvar” as aparências. Copérnico criticava vários recursos matemáticos utilizados por Ptolomeu como, por exemplo, os excêntricos, epiciclos e pontos equantes.

Por mais que, no início, Copérnico criticasse a utilização dos orbes excêntricos (Figura 5), que nada mais são do que círculos cujo centro não coincide com o centro do corpo celeste estático; ele acaba, também, achando conveniente utilizá-los na sua teoria. Ele afirma: “o centro da Terra não é o centro do mundo, mas apenas o da gravidade e do orbe lunar” (COPÉRNICO, 2003, p. 114).

Essa ideia de círculos excêntricos se assemelha com as órbitas elípticas de Kepler, mostrando assim a sua utilidade. O próprio Kepler chegou a utilizar esses orbes excêntricos no início de seus estudos, os abandonando posteriormente, pois percebeu que por mais que eles satisfizessem os movimentos da maioria dos planetas, deixavam a desejar quando se tratava de Marte. Conforme Koyré (1982),

Ele não tentou, depois de haver achado que a trajetória real de Marte era uma elipse, reproduzir essa elipse por um arranjo de círculos, mas imediatamente substituiu o mecanismo dos círculos, das esferas ou das órbitas que guiam e transportam os planetas, pela ideia de uma força magnética, emanando do Sol, que dirige seus movimentos (KOYRÉ, 1982, p. 89).

Essa hipótese, levantada por Kepler, também vai contra as ideias de Aristóteles, pois para este, segundo Koyré (1986), só havia duas formas de transmissão de movimento: pressão e tração. Aristóteles não admitia ações à distância como essa força magnética apontada por Kepler.



Figura 5 - Demonstração de círculo excêntrico.
Fonte: Picazzio (2011, p. 102)²⁸.

Copérnico acreditava que, por estar colocando a Terra em movimento, precisaria de um número bem menor de epiciclos, que os utilizados por Ptolomeu, para explicar os movimentos dos corpos celestes vistos da Terra. Um exemplo que fazia Copérnico ter essa crença é o movimento atualmente conhecido como “laçada”, que são os movimentos aparentes de progressão e retrogressão dos errantes. Para Ptolomeu, esse movimento era explicado com a utilização de epiciclos (Figura 6).

²⁸ PICAZZIO, E. (org.). **O Céu que nos Envolve**. São Paulo: Odysseus, 2011. Disponível em: www.astro.iag.usp.br/OCeuQueNosEnvolve.pdf. Acesso em: 01 out. 2018.

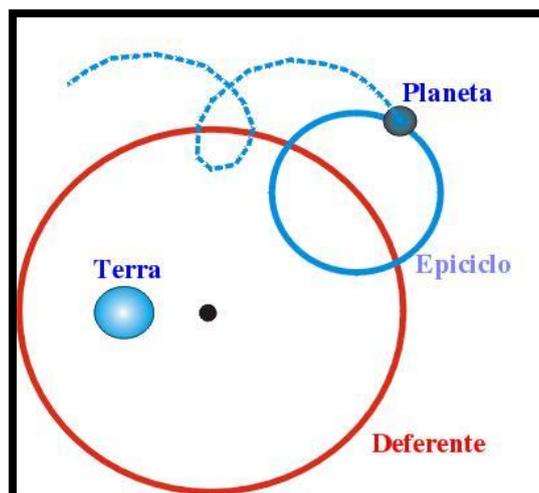


Figura 6 - Movimento de “laçada” no modelo de Ptolomeu.
Fonte: Guedes (2014)²⁹.

Já para Copérnico (Figura 7), como fica bem claro na sétima exigência contida no seu *Commentariolus*, “Os movimentos aparentes de retrogressão e progressão dos errantes não pertencem a eles, mas à Terra. Apenas o movimento desta é suficiente para explicar muitas irregularidades aparentes no céu” (COPÉRNICO, 2003, p. 117).

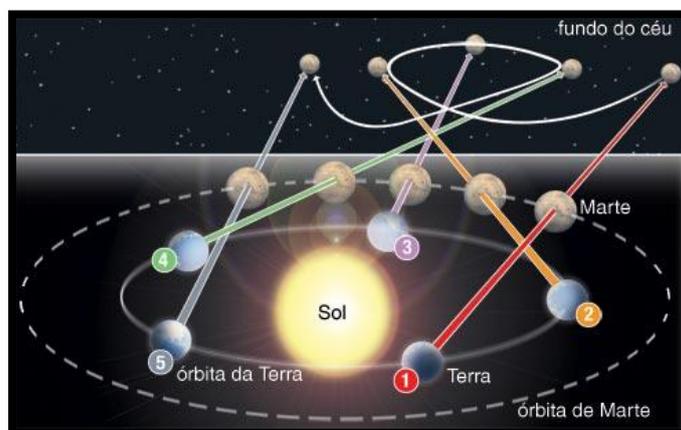


Figura 7 - Movimento de “laçada” no modelo de Copérnico.
Fonte: Astrobiologia IFAL (2014)³⁰.

Com esses mesmos argumentos, Copérnico defendia que era o movimento da Terra e do seu orbe que causavam a falsa impressão que o Sol é que se movia ao longo do céu. Com essa afirmação de que a Terra se move, ele conseguia explicar alguns fatos vistos da Terra sem precisar adicionar a esses movimentos um número indefinido de epiciclos.

Entretanto, é em relação aos epiciclos que se percebe que Copérnico não conseguiu realizar um de seus objetivos, qual seja, a simplificação do modelo de

²⁹ GUEDES, L. L. S. **Epípiclos de Ptolomeu e Matéria Escura**. Disponível em: astronomia.blog.br/epiciclos-de-ptolomeu-e-materia-escura. Acesso em: 01 abr. 2014.

³⁰ ASTROBIOLOGIA IFAL: Movimentos. Disponível em: www.astrobiologiaifal.hostzi.com/astrobiologia/Movimentos.html. Acesso em: 01 abr. 2014.

Ptolomeu em relação à quantidade de círculos utilizados para explicar a movimentação dos corpos celestes.

Em sua primeira descrição da teoria heliocêntrica, que data de 1510, o *Commentariolus*, Copérnico reserva seu último parágrafo para demonstrar que era possível se utilizar um número menor de círculos e, mesmo assim, explicar como ocorre a movimentação dos corpos celestes no universo,

E, assim Mercúrio corre com sete círculos ao todo, Vênus com cinco, a Terra com três e em torno dela a Lua com quatro; enfim, Marte, Júpiter e Saturno com cinco cada um. Portanto, bastam no universo 34 círculos, com os quais fica explicada toda a estrutura do mundo e a dança dos planetas (COPÉRNICO, 2003, p. 148).

Percebe-se então que Copérnico aparentemente havia conseguido simplificar o modelo de seu predecessor, pois no modelo de Ptolomeu eram necessários 40 círculos para se “salvar” as aparências, e no dele apenas 34. Mas o *Commentariolus* se tratava de um material ainda não completo, ou seja, ainda não estavam totalmente descritas ali todas as ideias e conclusões de Copérnico.

Mas, em 1543, é lançada a principal obra de Copérnico, *De Revolutionibus*. Uma obra mais completa que a anterior, com a predominância de cálculos e desenhos geométricos, que procuravam descrever como funcionava o universo.

No entanto, é nessa obra que se percebe que Copérnico não atingiu seu objetivo de simplificar o modelo de Ptolomeu, pois dos 34 círculos citados no seu trabalho anterior, sobre a teoria heliocêntrica, agora foram somados mais 14, chegando a um total de 48 círculos. Assim, a simplificação introduzida em um primeiro momento pelo sistema de Copérnico, que poderia ser considerado um bom argumento a favor do heliocentrismo, não se confirmou como propunha seu idealizador.

Para que todas as conclusões de Copérnico pudessem ser alcançadas, ele teve que seguir algumas exigências, no total são sete, que muitas vezes norteavam seus cálculos. Uma, por exemplo, que era fundamental para que o sistema de Copérnico fosse compatível com as observações, era a quarta exigência que tratava da distância entre o Sol e a Terra, e a altura do firmamento: “A razão entre a distância do Sol à Terra e a altura do firmamento é menor do que a razão entre o raio da Terra e a sua distância ao Sol; e com muito mais razão esta é insensível confrontada com a altura do firmamento” (COPÉRNICO, 2003, p. 115).

Caso “a Terra se movesse em torno do Sol com uma distância comparável à do ‘firmamento’ (esfera das estrelas “fixas”), nunca se veria, à noite, metade da esfera celeste e sim uma parcela menor do que a metade” (MARTINS, 2003, p. 116). Então, como foi observado em sua exigência, Copérnico foi obrigado a criar uma grande distância entre as estrelas e o Sol. Esse fato foi percebido como um aspecto negativo de seu sistema.

Entre essas exigências, Copérnico também afirmou que os orbes dos planetas giram em torno do Sol; portanto o centro do mundo está perto do Sol, defendendo, assim, sua teoria heliocêntrica. Também afirmou que qualquer movimento aparente do firmamento não pertence a ele, mas à Terra.

Outra inovação notável consiste na ordem e harmonia implícitas no modelo copernicano, onde os períodos siderais³¹ dos planetas (astros errantes) e suas respectivas distâncias ao Sol se apresentam numa sequência perfeita, com os planetas mais próximos ao Sol sendo os mais rápidos e, os mais distantes, os mais lentos, com períodos siderais cada vez maiores quanto maior à distância ao Sol.

Por meio de observações e cálculos matemáticos, Copérnico determinou os períodos siderais dos planetas a partir de seus períodos sinódicos e conseguiu calcular as distâncias dentro do sistema solar em termos da distância Terra-Sol, ou seja, em unidades astronômicas (UA). A Tabela 1, abaixo, mostra uma comparação entre os valores das distâncias dos planetas ao Sol obtidos por Copérnico e os valores atuais, em UA. Podemos observar que os valores obtidos por Copérnico são valores muito próximos dos atualmente aceitos.

Planeta	Copérnico	Moderno
Mercúrio	0,38	0,387
Vênus	0,72	0,723
Terra	1	1
Marte	1,52	1,523
Júpiter	5,22	5,202
Saturno	9,17	9,554

Tabela 1 - Valores das distâncias dos planetas ao Sol.

Fonte: Oliveira Filho e Saraiva (2004).

Segundo Kuhn (1957), existem outras “vantagens estéticas” do sistema copernicano, como, por exemplo, no caso do movimento retrógrado, que é transformado em consequência natural e imediata da geometria das órbitas centradas no Sol, numa explicação mais simples e muito mais natural do que a de Ptolomeu, e no caso do movimento dos planetas inferiores, Mercúrio e Vênus, que passam a ter, cada um, o seu período orbital (sideral) distinto, e não mais o mesmo período orbital, como no modelo de Ptolomeu. Por consequência:

Agora, pela primeira vez, como Copérnico diz na sua carta introdutória, as ordens e magnitudes de todas as estrelas e esferas tornaram-se de tal forma ligadas que nada nem alguma pode deslocar-se do seu lugar sem produzir confusão em todas as outras partes e no universo como um todo (KUHN, 1957, p. 206).

Copérnico, assim como seus predecessores, acreditava que os corpos celestes giravam, quer seja em torno da Terra, quer seja em torno do Sol, presos em orbes celestes que se encaixavam entre si³². No *Commentariolus*, Copérnico definiu a ordem dos orbes celestes (ver Figura 8) da seguinte forma:

³¹ Período sideral: é o período real de translação do planeta em torno do Sol, em relação a uma estrela fixa (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2004, p. 53).

³² Essa ideia de orbes encaixados que conduziam os corpos celestes em seus movimentos só vai ser abandonada após os estudos de Tycho Brahe (1546 – 1601), que aconteceram pelo menos quarenta anos após a morte de Copérnico.

O mais alto é o das estrelas fixas, que é imóvel, contém e localiza todas as coisas: sob ele vem o de Saturno, a este segue o de Júpiter, a este o de Marte; sob este está o orbe no qual giramos; em seguida, o de Vênus; o último é o de Mercúrio. Por outro lado, o orbe da Lua gira em torno do centro da Terra, com a qual se move como um epiciclo (COPÉRNICO, 2003, p. 120).

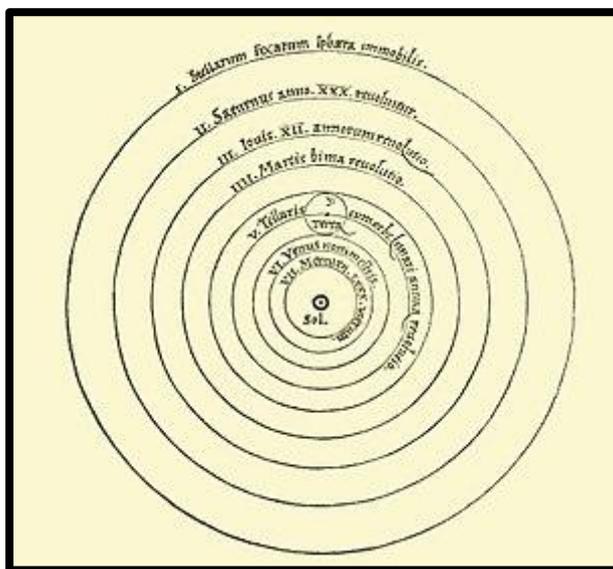


Figura 8 - Ordem dos orbes celestes, segundo Copérnico.
Fonte: Wikipedia (2018)³³.

Não há dúvidas que Copérnico inovou em muitos pontos com sua teoria, mas é também verdade que ele manteve vários aspectos que já vinham sendo defendidos há tempos. Fazendo uma análise geral, Koyré (1982) afirma que ao menos três vantagens podem ser retiradas da nova astronomia trazida por Copérnico: houve a libertação do equante e fim da distinção entre a imagem de filósofo e astrônomo matemático; mostrou que irregularidades planetárias são apenas puras “aparências” irrealis; e a questão, a qual defendeu, que os fenômenos celestes e suas aparências podiam ser explicados por um único fato, a saber, o movimento da Terra.

Por fim, como destaca Évora (1993), podemos dizer que Copérnico iniciou uma revolução, porém esta tinha que ser completada por Johannes Kepler, Galileo Galilei e Giordano Bruno.

7 Implicações para o Ensino de Ciências

Nas últimas décadas, diversos estudos e pesquisas, por exemplo, Zanetic (1989), Peduzzi (1998), Martins (2006) e Nascimento, Carvalho e Silva (2017) consideram necessário à inserção de aspectos da História da Ciência (HC) em situações articuladas ao Ensino de Ciências em diferentes níveis educacionais.

³³ WIKIPEDIA. **Copernican heliocentrism**. Disponível em: en.wikipedia.org/wiki/Copernican_heliocentrism. Acesso em: 01 out. 2018.

Em sua tese de doutorado, Peduzzi (1998) apresenta algumas potencialidades do uso didático da HC na educação científica, em resumo, apresentam-se três potencialidades, a saber: (a) desmistificar o método científico, dando ao aluno subsídios necessários para que ele tenha um melhor entendimento do trabalho do cientista; (b) mostrar como o pensamento científico se modifica com o tempo, evidenciando que as teorias científicas não são ‘definitivas e irrevogáveis’, mas objeto de constante revisão; (c) tornar as aulas de ciências (e de física) mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico (PEDUZZI, 1998, p. 57-58).

A partir do exposto acima, o estudo historiográfico sobre Nicolau Copérnico e a Revolução Copernicana realizado e apresentado ao longo do trabalho torna-se útil, por exemplo, em aulas de Ciências (Física) em que há necessidade de discussões sobre aspectos da Astronomia. O presente estudo pode ser utilizado como material didático por parte do professor em elaboração de aulas, as quais podem ter como objetivo a discussão com os alunos de aspectos sobre Natureza da Ciência (NdC) e do trabalho científico.

No âmbito do Ensino de Ciências, um estudo historiográfico ou historiografia da ciência “procura refletir sobre os momentos históricos, mas não é uma simples descrição desses, pois ao refletir acerca da realidade histórica, cada historiador agrega-lhe um caráter discursivo novo” (OLIVEIRA; SILVA, 2012, p. 42).

Porém, é necessária atenção, sendo que,

A historiografia da ciência analisa os episódios históricos da ciência, e tem como ponto de partida documentos e fatos relacionados à ciência, porém vale ressaltar que essa análise histórica está carregada de crenças e filosofias do historiador, pois a leitura que ele faz dos documentos pode ser direcionada pela sua própria formação (OLIVEIRA; SILVA, 2012, p. 43).

Sobre o que é NdC, no campo da Didática das Ciências, não há um consenso sobre essa questão e uma definição única do termo pode restringir e minimizar toda a concepção acerca da natureza de um conhecimento científico, ou seja, a NdC pode ser conceituada de diversas formas. Segundo Acevedo (2008), existe uma vasta variedade de áreas de conhecimento que são relacionadas ao se abordar a NdC, como a Filosofia, a Sociologia e a História da Ciência, por exemplo.

Buscando estudos que relacionam aspectos da História e Filosofia da Ciência (HFC) em situações no Ensino de Ciências, encontram-se concepções acerca do que se pode entender como NdC (porém torna-se válido ressaltar que não deve ser considerado como uma definição única e exclusiva), como, por exemplo:

[...]a união de conhecimentos sobre a ciência que discute sobre seus objetivos, as influências sofridas e/ou causadas sobre a sociedade da época, suas limitações, seu pluralismo metodológico, a aceitação ou rejeição de ideias científicas, dos equívocos cometidos pelos cientistas e o seu caráter provisório (SILVA *et al.*, 2017, p. 4).

Mas, como inserir tais aspectos sobre NdC e do trabalho científico no Ensino de Ciências? Uma possível forma de inserção, e é essa possibilidade que se defende

neste artigo, se dá por meio da História e Filosofia da Ciência (HFC). Em outras palavras,

[...] análise de episódios históricos permite a discussão sobre modelos de natureza da ciência envolvidos na produção do conhecimento científico. Isso favorece a compreensão do caráter dinâmico da construção da ciência, evidenciando que cada época e cada cultura adotaram critérios próprios para validar a construção do conhecimento (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011, p. 35).

Diante de toda a discussão, entre o uso didático da HC, aspectos da historiografia da ciência, uma ideia sobre NdC e o uso da HFC no Ensino de Ciências como uma possibilidade de inserir discussões acerca da natureza de um conhecimento científico e do trabalho científico, será apresentada, a seguir, uma possível implicação do estudo historiográfico realizado no âmbito do Ensino de Ciências.

Há a possibilidade de articulação entre as discussões sobre a identificação da sociedade na qual Nicolau Copérnico viveu; as dificuldades pelas quais ele passou para construir e difundir sua teoria; as relações entre o Sistema Ptolomaico e o Sistema Copernicano e no que realmente Copérnico inovou, com algumas concepções sobre NdC, tendo como base o texto produzido por Peduzzi e Raicik (2017), onde os autores apresentam e discutem 18 (dezoito) proposições com concepções sobre NdC e do trabalho científico. Sendo assim, pode ser vislumbrado como o estudo historiográfico pode ser trabalhado em situações de ensino.

Uma concepção que o estudo pode tornar explícito é a ideia de que a ciência (o empreendimento científico) é uma construção coletiva; o esquecimento ou mesmo o anonimato de muitos de seus personagens é injustificável como, por exemplo, por meio da situação em que Copérnico obteve auxílios dos astrônomos Marcin Biem Olkusz, Nicola Szadek e Stanislaw Aurifaber-Lubart, os quais colaboraram com o seu trabalho. A colaboração de Georg Joachim Rheticus, que contribuiu para a publicação do trabalho de Copérnico, e a escrita de Rheticus de um pequeno tratado, *Narratio Prima*, onde descreve e defende as ideias de Copérnico.

As passagens do estudo historiográfico sobre as influências filosóficas neoplatônicas e o contexto vivido por Copérnico na Europa durante o Renascimento e a Reforma Protestante, contribuíram para uma concepção sobre NdC e do trabalho científico, a saber: as concepções filosóficas, religiosas, culturais, éticas do investigador, assim como o contexto histórico, cultural, social em que se desenvolve a ciência, influenciam o seu trabalho desde os tempos mais remotos.

A ideia de que uma teoria não deixa de ser científica porque foi descartada, fica evidente quando foi discutido o uso, por Copérnico, dos epiciclos idealizados por Ptolomeu e apresentados inicialmente no Sistema Ptolomaico. O trabalho de um estudioso, por vezes, impõe desafios, dificuldades e questões não resolvidas, como, por exemplo, o objetivo inicial de Copérnico em simplificar seus estudos por meio da diminuição da quantidade de epiciclos, porém o sistema proposto no final apresentou uma quantidade de 48 círculos, ou seja, uma quantidade maior quando comparado com os 40 círculos propostos no Sistema Ptolomaico.

Sobre a concepção de que as teorias científicas não são definitivas e irrevogáveis, mas sim objeto de constante revisão, que o pensamento científico

modifica-se com o tempo, essa concepção fica explícita ao longo do tópico 6, “Em que Copérnico realmente inovou?”. Por exemplo, ao apresentar e discutir elementos que diferem entre o Sistema Copernicano e o Sistema Ptolomaico, como, por exemplo, o idealizador e colaboradores do primeiro sistema buscaram a definição de ordem dos orbes, a relação entre velocidade de uma revolução e a distância do Sol, a troca da Terra pelo Sol como centro do universo e a duração de uma volta completa em torno do Sol, tais definições científicas tornam evidente a constante busca por aperfeiçoamentos, maior adequação à realidade observada, maior simplificação e elegância no novo modelo proposto.

A concepção sobre a dinâmica da produção de conhecimentos na ciência, de que ela é um processo vivo, criativo, polêmico, questionador, argumentativo, fica evidente ao longo de todo estudo historiográfico sobre Nicolau Copérnico e a Revolução Copernicana, ao se contextualizar os fatos e apresentar as controvérsias.

Por fim, várias das questões formuladas ao longo do trabalho, e que se buscou responder ao longo dele, como, por exemplo, o que, efetivamente, motivou Copérnico a propor o seu modelo heliocêntrico? Em que aspectos Copérnico realmente inovou?, Podem ser utilizadas por docentes como ponto de partida para aplicação de uma metodologia de ensino por investigação (AZEVEDO, 2004; RODRIGUES; BORGES, 2008), cujo início é sempre uma problematização do tema a ser abordado, com a apresentação de questões que estimulem o interesse, proponham desafios e estimulem a formulação de hipóteses a serem discutidas e verificadas mediante um aprofundamento dos estudos a serem feitos, dentre eles a possível leitura de trechos do presente trabalho (e de outros), com a participação sempre ativa dos estudantes.

Acredita-se que diversas outras concepções sobre NdC e do trabalho científico podem ser explicitadas por meio do estudo historiográfico realizado e apresentado neste trabalho, como, por exemplo, a ideia de que as controvérsias científicas são constituintes produtivos do processo de elaboração de conhecimentos. Porém, as concepções apresentadas e exemplificadas neste tópico são suficientes para evidenciar que, ao se utilizar elementos sobre a História da Ciência, por meio deste episódio histórico, isso pode subsidiar discussões e serem úteis ao se pensar em situações e práticas no âmbito do Ensino de Ciências.

8 Considerações Finais

A História da Ciência mostra sua importância para o ensino quando, a partir de seu estudo, busca-se esclarecer os fatos históricos relevantes para a construção de um conhecimento científico.

Nicolau Copérnico é uma peça relevante no desenvolvimento do conhecimento acerca da astronomia que aceitamos atualmente. Mas será correto repassar para os estudantes uma imagem, equivocada, de que somente ele foi capaz de revolucionar a astronomia de sua época? Será que Copérnico foi influenciado apenas pelas teorias científicas com as quais ele teve contato, ou fatores extracientíficos também o influenciaram?

Esse tipo de percepção, que ignora a visão de Ciência como uma construção coletiva, deve ser superada, pois é problemática, uma vez que ajuda a ratificar uma imagem menos atual sobre a Ciência.

Além disso, não se deve acreditar que Copérnico simplesmente ignorou todos os trabalhos de seus antecessores e criou algo completamente novo, como um esplêndido gênio, ou seja, que existam estudiosos e/ou cientistas que consigam revolucionar o conhecimento sem se amparar em estudos anteriores.

Como conclusão, este trabalho aponta que Copérnico não foi, individualmente, responsável por toda revolução ocorrida na astronomia após seus trabalhos; aponta também que o astrônomo prussiano não relegou todos os esforços de seus predecessores; e ainda que suas influências não se restringiram a apenas o campo conceitual da astronomia, mas outros fatores também foram responsáveis por seu desejo de alterar o que estava posto.

Sendo assim, torna-se possível perceber implicações e podem ser vislumbradas propostas metodológicas para o Ensino de Ciências a partir do estudo historiográfico, como, por exemplo, a utilização e articulação entre aspectos da História da Ciência, concepções sobre a Natureza da Ciência e do trabalho científico e o levantamento de questões sobre o desenvolvimento histórico da ciência, as quais podem ser bem exploradas por meio de uma metodologia de ensino por investigação. Essa utilização e articulação e as questões levantadas podem ser usadas em situações de ensino quando, por exemplo, for objetivo docente a busca por evidenciar um conhecimento científico em construção.

Por fim, acredita-se que este material possa ser útil aos professores, alunos e/ou pesquisadores que busquem referências que sirvam de subsídio e contribuam para a abordagem do tema “Copérnico e a teoria heliocêntrica”, seja em sala de aula, seja em outras pesquisas.

Agradecimentos

Agradecemos aos árbitros da revista, pela minuciosa revisão deste trabalho e suas valiosas sugestões, que contribuíram sobremaneira para a melhoria do mesmo, e o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC).

Referências

ACEVEDO, J. A. El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**. v. 5, n. 2, p. 134-169, 2008.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por Investigação: problematizando as atividades em sala de aula. *In*: CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 19-33.

BUTTERFIELD, H. **As origens da ciência moderna**. Lisboa: Edições 70, 1949.

COPÉRNICO, N. **Commentariolus**: Pequeno Comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes. Tradução por Roberto de Andrade Martins. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2003.

CROMBIE, A. C. **Historia de la ciencia**: de San Augustin a Galileo. 3. ed. Madrid: Alinaza Universidad, 1980a. v. 1.

CROMBIE, A. C. **Historia de la ciencia**: de San Augustin a Galileo. 3. ed. Madrid: Alinaza Universidad, 1980b. v. 2.

ÉVORA, F. R. R. **A Revolução Copernicano-Galileana**: Astronomia e Cosmologia Pré-Galileana. 2. ed. Campinas: UNICAMP, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 1993. v. 1.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

GRIBBIN, J. **História da Ciência**: de 1543 ao presente. Lisboa: Europa-América, 2002.

KOYRÉ, A. **Estudos de história do pensamento científico**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1982.

KOYRÉ, A. **Estudos Galilaicos**. 1. ed. Lisboa: Dom Quixote, 1986.

KUHN, T. S. **A revolução copernicana**. Rio de Janeiro: Edições 70, 1957.

MARTINS, R. A. Introdução geral ao *Commentariolus* de Nicolau Copérnico. *In*: COPÉRNICO, N. **Commentariolus**: Pequeno Comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2003. p. 23-93.

MARTINS, R. A. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. *In*: SILVA, C. C. **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p. 17-30.

MARTINS, R. A. **O universo**: teorias sobre sua origem e evolução. São Paulo: Moderna, 1994.

NASCIMENTO, L. A.; CARVALHO, H. R.; SILVA, B. V. C. A História e a Filosofia da Ciência como recurso didático: Discutindo o seu uso com professores de Ciências em formação. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 7, n. 1, 2017.

OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e astrofísica**. São Paulo: Livraria da Física, 2004.

OLIVEIRA, R. A.; SILVA, A. P. B. História da ciência e ensino de física: uma análise meta-históricográfica. *In*: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. (Org). **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: EDUFRN, 2012. p. 41-64.

PEDUZZI, L. O. Q. **As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a história e filosofia da ciência em um curso de mecânica**. 1998, 850 p. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

PEDUZZI, L. O. Q.; RAICIK, A. C. **Sobre a natureza da ciência**: asserções comentadas para uma articulação com a história da física. 2016, 41 f. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: www.evolutaodosconceitosdafisica.ufsc.br. Acesso em: 13 jun. 2017.

RODRIGUES, B. A.; BORGES, A. T. O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. *In*: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 11., 2008. **Anais...** 2008. p. 1-12.

SILVA, M. L. S.; *et al.* Natureza da Ciência no ensino fundamental: Por que não?. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 3, p. 1-30, 2017.

ZANETIC, J. **FEP156 – Gravitação – notas de aula**. São Paulo: Instituto de Física da USP, 2007.

ZANETIC, J. **Física também é cultura**. 1989. 160 p. Tese (Doutorado em Educação) Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

Artigo recebido em 04/04/2018.

Aceito em 28/02/2019.

VINTE ANOS DE OBA: UMA ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO EXAME AO LONGO DOS ANOS

João Paulo Casaro Erthal¹
Andriele da Silva Vieira²

Resumo: As olimpíadas científicas são consideradas um ótimo veículo de divulgação científica. Com esse intuito, surge em 1998 a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA), que foi criada com o objetivo de desenvolver a ciência e divulgar a Astronomia no Brasil, por meio de um evento de caráter educacional e envolvimento a nível nacional, além de despertar o interesse, tanto para alunos quanto para professores, de aprender e ensinar Astronomia. Este trabalho objetiva analisar as questões da OBA, apresentando uma caracterização das provas que auxilie professores e alunos a conhecerem o perfil dessa avaliação e os conteúdos mais exigidos. Os resultados mostram uma evolução no perfil das provas, tanto estruturalmente quanto em relação ao conteúdo, evidenciando questões mais contextualizadas e com abordagens mais didáticas.

Palavras-chave: Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica; Olimpíadas científicas; conteúdo das provas; Perfil das provas.

VEINTE AÑOS DE OBA: UN ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DEL EXAMEN A LARGO DE LOS AÑOS

Resumen: Las olimpiadas científicas se consideran un excelente vehículo de divulgación científica. Con ese propósito, surge en 1998 la Olimpíada Brasileña de Astronomía y Astronáutica (OBA), que fue creada con el objetivo de desarrollar la ciencia y divulgar la Astronomía en Brasil, a través de un evento de carácter educativo y participación a nivel nacional, además de despertar el interés, tanto para alumnos como para profesores, de aprender y enseñar Astronomía. Este trabajo tiene por objetivo analizar las cuestiones de la OBA presentando una caracterización de las pruebas que ayude a profesores y alumnos a conocer el perfil de esa evaluación y los contenidos más exigidos. Los resultados muestran una evolución en el perfil de las pruebas, tanto estructuralmente como en relación al contenido, evidenciando cuestiones más contextualizadas y con enfoques más didácticos.

Palabras clave: Olimpíada Brasileña de Astronomía y Astronáutica; Olimpíadas científicas; Contenido de las pruebas; Perfil de las pruebas.

TWENTY YEARS OF OBA: AN ANALYSIS OF EVOLUTION OF THE EXAM THROUGHOUT THE YEARS

Abstract: The scientific Olympics are considered a great vehicle for scientific dissemination. With this purpose, the Brazilian Astronomy and Astronautics Olympics (OBA) was created in 1998 with the objective of developing the science and dissemination of Astronomy in Brazil through an educational event and national enrollment, to awaken the interest, both for students and teachers, to learn and teach Astronomy. This paper aims to analyze the OBA questions, presenting a characterization of the tests to assist teachers and students to know the profile of this evaluation and the most required contents. The results show an evolution in the profile of the tests, both structurally and in relation to their content, featuring more contextualized questions and more didactic approaches.

Keywords: Brazilian Astronomy and Astronautics Olympics; Scientific Olympics; Content in the tests; Profile of the tests.

¹Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil. E-mail: jperthal@gmail.com.

²Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil. E-mail: andri.mvieira@hotmail.com.

1 Introdução

A Astronomia é uma das ciências mais antigas da história humana. Ela foi construída pelo ser humano ao longo de sua vivência e transmitida de uma geração a outra e de civilização em civilização até chegar ao que conhecemos hoje, passando desde a descrição de constelações até o estudo da cosmologia avançada.

Com o intuito de difundir o conhecimento e promover o estudo da Astronomia no Brasil surge a Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA), criada em 1998 objetivando popularizar a Astronomia entre as crianças e os jovens brasileiros (CANALLE, *et al.*, 2017).

Em caráter mundial, a Primeira Olimpíada Internacional de Astronomia (IAO, sigla em inglês), ainda em fase experimental, foi realizada em 1996 pela Sociedade Astronômica Euroasiática e aconteceu em Cáucaso, Rússia, no Observatório Astrofísico Especial da Academia de Ciências Russa (SAO RAS, sigla em inglês)(GAVRILOV, 2018).

Em 1998, com o interesse em participar da IAO, Daniel Fonseca Lavouras, formado em engenharia aeronáutica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e professor de Física no Sistema Titular de Ensino na cidade de Belém, no Pará, contactou o Comitê Organizador da IAO e soube que o Brasil não tinha demonstrado interesse, até então, em participar do evento (CANALLE, 2013). Surgiu então a ideia de organizar uma olimpíada de caráter nacional para que o Brasil pudesse participar da terceira IAO, que seria realizada naquele ano. Daniel Lavouras contactou, sem sucesso, vários órgãos e entidades de representatividade a nível nacional. O apoio e incentivo veio da Universidade Estadual do Pará (UEPA) e foi estabelecida, assim, a parceria entre a UEPA e uma rede particular de ensino, o Sistema Elite de Ensino, que na época era representado em Belém pelo Sistema Titular de Ensino, o qual auxiliou nos processos de realização da primeira OBA (CANALLE, 2014).

A primeira OBA foi realizada no dia 22 de agosto de 1998, com horário simultâneo para todas as escolas cadastradas e era estruturada em dois níveis: o nível I era destinado a alunos com até 16 anos e o nível II era destinado àqueles com faixa etária entre 16 e 18 anos. Basicamente, o nível I era voltado para estudantes do Ensino Fundamental e o nível II para os do Ensino Médio. Tais critérios eram justificados para enquadramento na faixa etária de participação da terceira IAO.

Segundo Lavouras e Canalle (1999), o número de escolas/instituições envolvidas na primeira OBA foi significativo para um evento sem suporte governamental. Foram contactadas, após a divulgação do evento, 150 escolas de 12 estados diferentes. Destas, 53 demonstraram interesse no evento, 34 delas foram endereçadas para receberem cartazes e a prova foi efetivamente aplicada para alunos de 21 escolas em 8 cidades.

Dessa primeira edição foi elencada uma equipe brasileira para participar da IAO, a qual ganhou medalha de bronze e propiciou grande visibilidade para a OBA. Após os bons resultados na terceira IAO e a ampla aprovação dos participantes da primeira OBA, a Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) assumiu a organização da segunda OBA, realizada em 1999. A primeira mudança feita pela CESAB, Comissão Organizadora designada pela SAB, foi dividir a prova em três níveis com base na série

escolar e não mais por idade, como feito no ano anterior. Com isso, a OBA passou a englobar os Ensinos Fundamental e Médio. Os níveis foram divididos da forma:

- Nível I: Alunos do 1º ao 5º ano do Ensino Fundamental;
- Nível II: Alunos do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental; e
- Nível III: Alunos de qualquer série do Ensino Médio.

No ano de 2004, a OBA passou por uma nova reestruturação. A prova, ainda composta por uma única fase, foi dividida em quatro níveis. São eles:

- Nível I: Alunos do 1º e 2º ano do Ensino Fundamental;
- Nível II: Alunos do 3º ao 5º ano do Ensino Fundamental;
- Nível III: Alunos do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental; e
- Nível IV: Alunos de qualquer série do Ensino Médio.

A partir de 2005, a OBA contou com o apoio da Agência Espacial Brasileira (AEB) que se estabeleceu na Comissão Organizadora deste ano em diante. A OBA passou a incluir, obrigatoriamente, conteúdos relacionados à Astronáutica. Assim, a OBA mudou seu nome e passou a se chamar Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica, porém, manteve sua sigla.

Em 2008, a OBA firmou uma parceria com a Eletrobrás Furnas e incluiu em seu conteúdo questões relacionadas com energia elétrica, preservação do meio ambiente, conservação de recursos naturais, entre outros, mas o programa foi descontinuado após o ano de 2012 (CANALLE, 2013).

A OBA tem por objetivos fomentar o interesse dos jovens pela Astronomia, Astronáutica e ciências afins, promovendo a difusão dos conhecimentos básicos de uma forma lúdica e acessível, mobilizando a caráter nacional, alunos, professores, escolas, planetários, observatórios municipais e particulares, espaços, centros e museus de ciência, associações e clubes de Astronomia, astrônomos profissionais e amadores, e instituições voltadas às atividades aeroespaciais (OBA, 2018).

Além dos materiais didáticos teóricos e experimentais enviados pela organização da OBA para cada escola, as provas em si podem servir como um ótimo material de estudo para aqueles que se interessam e querem aprender sobre Astronomia e Astronáutica, uma vez que traz questões contextualizadas, com informações atualizadas e de natureza interativa, inserindo o estudo dessas ciências na história e cotidiano dos alunos.

Desde seu primeiro ano de realização, a OBA só cresceu. No ano de 2009, atingiu o maior número de participações da sua história, com cerca de 868.000 alunos envolvidos, devido à comemoração do Ano Internacional da Astronomia (CANALLE *et al.*, 2009). Após 2009, houve uma pequena diminuição no número de participantes, contemplando cerca de 800 mil alunos a cada ano, ainda assim a OBA é uma das olimpíadas científicas mais consolidadas no Brasil atualmente.

Em vista disso, este trabalho tem por objetivo investigar os conteúdos de todas as provas da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica e a forma como estes são abordados ao longo dos anos com a finalidade de traçar um perfil que auxilie professores e alunos a terem conhecimento sobre o formato das provas e um melhor desempenho no exame.

2 Desenvolvimento

Inicialmente, foram coletadas 73 provas existentes de todos os níveis das vinte edições da OBA, que compreende o período em que a olimpíada foi realizada, ou seja, desde seu início, em 1998, até 2017. Com esse material em mãos, realizou-se a primeira parte da investigação, referente à análise estrutural, com intuito de identificar os diferentes modelos e abordagens do exame ao longo dos anos.

Na sequência, foi realizada a segunda parte da investigação, relacionada ao diagnóstico do conteúdo de todas as questões da OBA, a fim de traçar um perfil dos principais temas explorados pelo exame. Para elencar os temas nos quais cada questão seria enquadrada, foram utilizados dois livros que compõem a bibliografia do endereço eletrônico oficial da OBA, sendo esse o motivo pela escolha de ambos os livros. Os livros utilizados foram *Introdução à Astronomia e Astrofísica*, produzido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), publicado em 2003, e *O céu que nos envolve*, publicado em 2011, ambos confeccionados com a colaboração de vários autores.

Importante frisar que a estruturação dos tópicos apresentados a seguir tiveram como base os livros citados e serviram como referência para categorizar as questões analisadas. Entretanto, foram feitos pequenos ajustes em tais tópicos, necessários para uma melhor padronização das análises.

- i. **História da Astronomia:** Esse tópico está relacionado ao conteúdo que envolve todo o estudo de Astronomia ao longo da história humana, desenvolvimento da Astronomia, principais cientistas e pensadores que consolidaram o estudo da Astronomia, descobertas e invenções que auxiliam no avanço da Astronomia.
- ii. **Terra:** Esse tópico engloba o conteúdo relacionado especificamente ao planeta Terra, como movimentos de rotação e translação, atmosfera, formação, estrutura, eixo de inclinação, estações do ano, dia e noite, solstícios, equinócios, linhas imaginárias, coordenadas geográficas, pontos cardeais, campo magnético da Terra. Este conteúdo está separado como um único tópico, pois a OBA o explora bastante. Também não é interessante que os conteúdos específicos sobre o planeta Terra fiquem subentendidos num tópico mais abrangente como o do Sistema Solar, onde faz o papel apenas de um objeto integrante.
- iii. **Lua:** Aqui estão incluídos os conteúdos relacionados às fases da Lua, satélite natural da Terra, eclipse Lunar, “atmosfera” lunar, formação, estrutura, gravidade, marés.
- iv. **Sol:** Nesse tópico estão incluídos os conteúdos relacionados a atmosfera solar, estrutura, composição, origem, formação, classificação, manchas solares, eclipse solar, rotação, energia solar, radiação, reação nuclear, campo magnético do Sol, etc. O Sol está separado do tópico de Estrelas pelos mesmos motivos citados no tópico Terra, além de ser o principal astro do nosso sistema planetário.

- v. **Sistema Solar:** Formação, história, estrutura, características dos demais planetas e satélites naturais do sistema solar, planeta-anão, classificação dos objetos, Cinturão de Asteroides, Cinturão de Kuiper.
- vi. **Estrelas:** Constelações, origem, formação, classificação, estrutura, composição, ciclo de vida, estrelas variáveis, agrupamento de estrelas (sistemas de duas ou mais estrelas), radiação, reações químicas, reações nucleares, energia, berçário de estrelas (nuvens interestelares), estrelas de nêutrons, buracos negros.
- vii. **Galáxias:** Classificação, formas, origem, história, estrutura da Via Láctea, radiogaláxias, quasares.
- viii. **Reconhecimento celeste:** Observação do céu terrestre, classificação e distinção dos objetos que compõem o céu desde planetas a galáxias, coordenadas celestes, fenômenos observacionais, instrumentos utilizados para observação e navegação.
- ix. **Astronáutica:** Tudo que envolve satélites artificiais, foguetes, telescópios, aviões, sondas espaciais. História das missões espaciais internacionais e brasileiras. Estação Espacial Internacional (ISS). Astronautas brasileiros, cálculo de rotas e trajetórias de satélites e velocidade de escape. Exploração do Universo com robôs. Satélites e foguetes brasileiros. Instituições brasileiras de pesquisa e atividade espacial (INPE, ITA, AEB).
- x. **Energia:** Educação ambiental, conservação dos recursos naturais e da energia, formas e fontes de energia, energia elétrica, formas de geração de energia elétrica, distribuição da energia elétrica, conceitos físicos envolvendo a energia elétrica (tensão e potência), cuidados com a energia, consumo de aparelhos eletrodomésticos, prática dos 3R: Reduzir, Reutilizar, Reciclar. Educação ambiental, sustentabilidade (social, ambiental e econômica), cálculo do consumo energético residencial e industrial. Esse tópico teve que ser inserido por conta das provas dos anos de 2008 a 2012.
- xi. **Mecânica Celeste:** Esse tópico surgiu após analisar as provas de nível III (1999-2003) e nível VI (2004-2017), voltadas para os estudantes do Ensino Médio. Engloba todo o conteúdo relacionado às Leis que regem o Universo. Leis de Kepler, Lei da relatividade especial e geral, Lei de Hubble, Lei da Gravitação Universal.
- xii. **Interdisciplinar:** Nesse tópico se enquadram todas as questões que precisam de conhecimentos além dos de Astronomia para serem resolvidas, ou seja, questões que necessitam de Matemática, Geometria, Trigonometria, Física e Química.

Como descrito na introdução, a OBA foi modificando sua estrutura de provas ao longo dos anos, partindo de um modelo inicial composto por dois níveis, até o modelo atual composto por quatro níveis.

Uma vez que a OBA possui essa modificação de estrutura, viu-se necessário organizar e analisar as provas em três etapas. A primeira etapa refere-se ao ano de 1998, a segunda etapa refere-se ao período de 1999 a 2003 e a terceira etapa refere-se ao período de 2004 a 2017.

2.1 Etapa 1: provas analisadas do ano de 1998.

Com apenas uma fase, realizada simultaneamente em todas as escolas cadastradas, a OBA do ano de 1998 era composta por dois níveis e, apesar de abranger faixas etárias distintas, a primeira OBA teve uma estrutura peculiar, sendo a única a distinguir o nível dos participantes por idade e não por série escolar.

As provas dos dois níveis eram compostas por duas baterias de questões. A primeira bateria continha dezesseis questões e era destinada aos participantes dos dois níveis, sem distinção. A segunda bateria de questões era específica para cada nível. Existe uma disparidade em relação às provas e aos gabaritos desse ano, coletados do site oficial da OBA, visto que se diferem em muitos aspectos, como em número de questões, estrutura e conteúdo abordado. A fim de manter o foco apenas na análise dos exames e utilizando os gabaritos apenas para consulta e apoio, faremos a análise de conteúdo das questões presentes nas provas.

Por conta de sua estrutura, dividimos a análise de conteúdo das questões da primeira OBA em três grupos.

O grupo 1 refere-se à primeira bateria de questões, intitulada de “rápidas”, a qual é composta por dezesseis questões dissertativas curtas com respostas diretas, que se repetem para os dois níveis. Em relação ao conteúdo, a maioria das questões do primeiro grupo é relacionada ao Sistema Solar, explorando principalmente as características dos planetas que o compõe. A Figura 1 ilustra a organização das questões da primeira bateria.

<p>Questões da bateria 1 - rápidas (níveis 1 e 2)</p> <p>Quais os planetas do sistema solar que têm sistema de anéis? Qual a principal vantagem da base de lançamento de satélites do Brasil em Alcântara (RN) sobre uma base de lançamento como Cabo Canaveral na Flórida, por exemplo? Quantos homens já pisaram no solo lunar? Qual é o efeito da força gravitacional da Lua sobre o movimento de rotação da Terra? Qual é, atualmente, o planeta mais distante do Sol? Qual o nome da maior elevação encontrada no planeta Marte? Qual dos satélites de Júpiter apresenta atividade vulcânica mais intensa? Qual a estrela mais próxima da Terra? Qual a estrela mais próxima do Sol? Qual o planeta mais próximo da Terra? Qual o menor planeta do sistema solar? Uma estrela azul é mais quente ou mais fria que o Sol? Cite uma galáxia (além da Via Láctea), que pode ser vista a olho nu? O que é, na realidade, uma estrela cadente? O que você veria se apontasse um telescópio para um buraco negro? Quais planetas jamais podem ser vistos à meia-noite?</p>
--

Figura 1 - Questões da bateria 1 das provas dos níveis I e II do ano de 1998 da OBA.

Fonte: I OBA, nível I, 1998.

O grupo 2 refere-se à segunda bateria de questões do nível I. Constituída por 15 questões dissertativas, mais elaboradas e contextualizadas que da bateria anterior, exige claramente um conhecimento mais amplo e aprofundado de Astronomia, abordando conceitos como unidades de medidas usadas no estudo da Astronomia e a evolução dessa ciência ao longo da história. Nota-se que na segunda bateria que novamente o conteúdo mais abordado é o Sistema Solar empatado com conteúdos relacionados ao Sol.

O terceiro e último grupo corresponde às questões da segunda bateria do nível II, no qual possui 13 questões. Apesar das questões abrangerem conteúdos mais avançados e serem mais elaboradas em relação ao nível anterior, elas seguem o mesmo padrão estrutural, no qual todas são dissertativas. Vale ressaltar que duas questões se repetem do nível I para o nível II, porém o próprio exame indicou esse detalhe nas provas dos dois níveis. Essa bateria trouxe ainda questões que necessitavam de um domínio em Matemática e Física para serem resolvidas e novamente o tema mais abordado foi o Sistema Solar.

Importante ressaltar que algumas questões são subdivididas em letras e possuem mais de uma pergunta, fazendo-se necessário classificá-las mais de uma vez por abrangerem diferentes áreas de conhecimento da Astronomia, separados e definidos previamente com base nos tópicos de análise anteriormente citados. Por conta desse detalhe, a divisão de conteúdo por prova será feita de forma percentual e não em relação ao número de questões. A Figura 2 ilustra a média percentual da divisão de conteúdo das questões por grupo analisado.

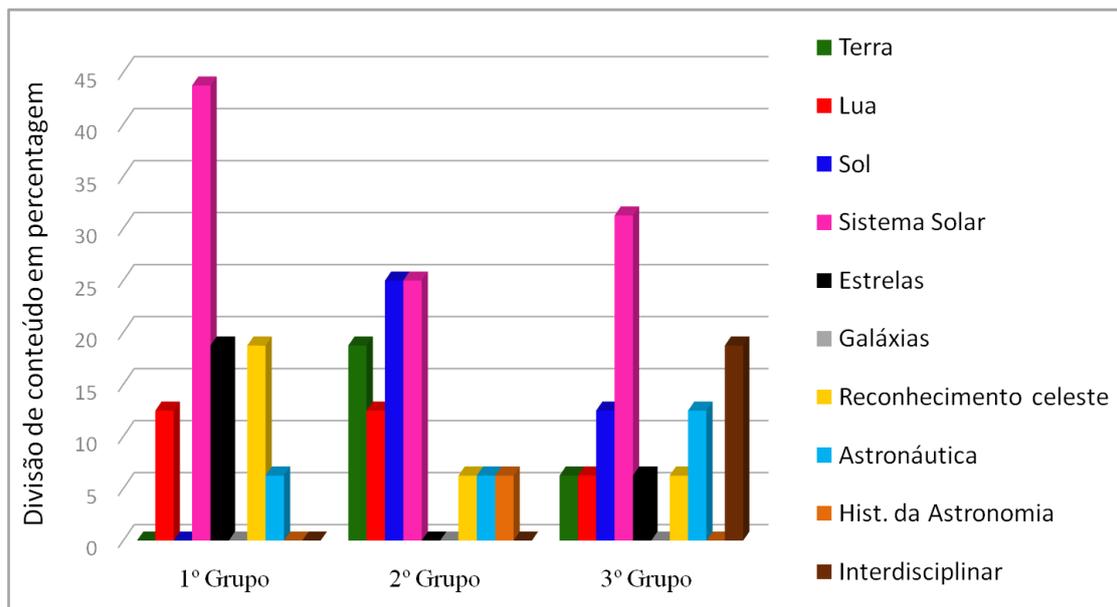


Figura 2 - Gráfico dos grupos de questões das provas de nível I e nível II de 1998 da OBA. **Fonte:** os autores.

Para a etapa 1 não se viu necessidade de separar a análise gráfica de conteúdos por nível. Nas etapas seguintes, como o quantitativo de dados aumenta, tal separação será necessária.

2.2 Etapa 2: análise das provas dos anos de 1999, 2000, 2001, 2002 e 2003.

De 1999 a 2003 a OBA passou a ser composta por três níveis. É possível perceber a grande evolução na estrutura das provas da OBA do ano de 1999 em relação ao ano anterior. Também é notável a evolução na elaboração das questões.

A prova do ano de 1999 apresentou um conjunto de questões muito bem elaboradas e com caráter lúdico e didático para o nível I, que agora compreendia alunos do 1º ao 5º ano do Ensino Fundamental. Vê-se ainda, muitas questões que cobram mais de um conteúdo, sobretudo nas provas de nível III, fazendo-se necessária a classificação das questões em mais de um tópico da Astronomia. Novamente nessa etapa o conteúdo será representado de forma percentual.

Extremamente visível a evolução estrutural da prova de nível I de 1999. Não mais dividida em baterias, a prova era composta por dez questões que continham informações que auxiliavam na aquisição de conhecimento do participante e facilitavam a resolução. Além disso, a estrutura das questões e a forma como eram exigidas as respostas ajudaram para que os participantes dos anos iniciais, em fase de alfabetização, não fossem tão prejudicados. A Figura 3 ilustra um recorte da primeira questão da prova de nível I do ano de 1999, que foi a primeira a trazer esse tipo de questão. Em relação ao conteúdo da prova de nível I da segunda OBA, o tema mais abordado foi a Terra.

1. A astronomia estuda tudo que está fora da Terra, como por exemplo, os planetas, as estrelas, os cometas, as galáxias, as constelações, os movimentos destes corpos, etc. Para observar estes corpos basta olharmos para cima (pois abaixo estão nossos pés apoiados sobre a Terra). Pois bem, esperamos que você tenha o hábito de olhar para o “céu” para apreciar a beleza de uma noite “estrelada” (a partir de um local com pouca luz, fora da cidade, por exemplo) ou “enluarada”. Os povos antigos observando as estrelas e imaginando linhas ligando as estrelas associavam a elas figuras de animais, objetos, deuses, etc.
- (a) Desenhe a figura da constelação chamada CRUZEIRO DO SUL e não esqueça que ela tem cinco estrelas (por favor, não faça estrelas com pontas pois elas na verdade não têm pontas).
- (b) A constelação de Órion não é tão conhecida como a do cruzeiro do Sul, mas um pedaço dela é bastante conhecido no Brasil como AS TRÊS MARIAS. Desenhe esse pedaço da constelação de Órion, chamada As Três Marias.

Figura 3 - Questão 1 da prova do nível I de 1999 da OBA.

Fonte: II OBA, nível I, 1999, modificado.

O ano 2000 seguiu o mesmo padrão do ano anterior. O destaque desta prova se deu pela grande repetição de questões que foram vistas na edição anterior, apesar de terem sido reformuladas. Em relação ao conteúdo, o tema mais abordado foi Terra, seguido da Lua. O ano de 2001 não teve grandes alterações, seguiu o padrão das edições anteriores e novamente a questão ilustrada na Figura 3 aparece nessa edição. O tema mais abordado foi o Sistema Solar. Em 2002, o destaque é para os enunciados das questões, que foram mais extensos que das edições anteriores, porém mais contextualizadas e com mais informações sobre Astronomia, sendo Terra o tema mais abordado desse ano. O ano de 2003 seguiu a tendência do ano anterior e trouxe novamente questões com enunciados grandes e o tema mais abordado foi o Sistema Solar.

A questão ilustrada na Figura 3 se repete, salvo algumas alterações, em diversas edições nas provas de nível I. Nota-se certa insistência por parte dos

elaboradores das provas para que os participantes conheçam e sejam familiarizados com as constelações mais importantes do céu noturno brasileiro em diferentes épocas do ano.

É possível observar também maior foco no Sistema Solar, sendo os assuntos mais abordados dentro desse tópico os nomes e características dos planetas. Em relação ao tópico Terra, os conteúdos mais enfatizados são os movimentos de rotação e translação da Terra. Vale ressaltar que todas as provas de nível I seguiram o padrão de 10 questões, com estruturas alternando entre discursivas, ilustrativas e lúdicas.

A prova de nível II seguiu o mesmo padrão que o nível I em relação ao número de questões, com exceção da prova de 1999, que foi composta por vinte questões, das quais dez eram iguais ou similares às questões do nível I e o conteúdo mais abordado também coincidiu com o nível anterior, Terra. A prova de 2000 teve questões mais elaboradas e estruturadas, com nível de dificuldade mais elevado em relação ao nível I, o que é esperado. Além disso, foi a primeira prova do nível II a conter questões que necessitavam de conhecimentos básicos em Matemática para resolução, o que é aceitável, pois supõe-se que os alunos desse nível já dominem todas as operações matemáticas básicas.

A prova de 2001 teve questões bem elaboradas, seguiu o mesmo padrão das edições anteriores, tendo algumas questões repetidas dos anos passados. Com relação ao conteúdo, os temas mais abordados foram Terra e Lua. Em 2002, algumas questões se repetiram do ano anterior e o conteúdo mais abordado foi novamente Terra. O ano de 2003 também não teve muito destaque. Seguiu o padrão dos exames anteriores e o tema mais abordado foi o Sistema Solar.

A prova de nível III de 1999 era composta por 15 questões. Com um conteúdo muito mais avançado que os níveis I e II, essa prova explora temas bem mais específicos e aprofundados da Astronomia. Em relação às questões, elas são muito bem elaboradas, com fundamentação teórica e histórica sobre a Astronomia, que auxiliam os estudantes na aquisição do conhecimento e ajudam na resolução da questão. Outro ponto importante é que essa prova tem uma “questão BÔNUS”, ilustrada na Figura 4, sendo a única dentre todas as provas analisadas a ter esse tipo de questão.

Questão BÔNUS:

Leia o soneto “ Via Láctea” do poeta parnasiano Olavo Bilac que recentemente foi adaptado para a música “Ouvir estrelas” do conjunto Kid Abelha.

Via Láctea

“Ora (dizeis) ouvir estrelas! Certo
Perdeste o senso!” E eu vos direi, no entanto,
Que, para ouvi-las, muita vez desperto
E abro as janelas, pálido de espanto...

E conversamos toda a noite, enquanto
A via láctea, como um pátio aberto
Cintila. E, ao vir do sol, saudoso e em pranto,
Inda as procuro pelo céu deserto.

Dizeis agora: “Tresloucado Amigo!!
Que conversas com elas?
Que sentido, tem o que dizem, quando estão contigo?”

Eu vos direi: “Amai para entendê-las!
Pois só quem ama pode ter ouvido
Capaz de ouvir e de entender as estrelas.”

Olavo Bilac

a) (0,1 pts) Que tipo de astro é a Via-Láctea ?
RESP.: Uma galáxia.

b) (0,1 pts) Por que, fisicamente, não é possível ouvir estrelas ?
RESP.: Por que o som não se propaga no espaço (vácuo).

c) (0,1 pts) Alguns poetas dizem que olhando para o céu estamos entrando num túnel do tempo. Explique.
RESP.: A luz das estrelas pode demorar anos, décadas, séculos ou milênios para chegar à Terra. Assim olhando para uma dada estrela A, estamos olhando para a luz que ela emitiu quando o Homem chegava na Lua, olhando para outra estrela B, estamos olhando para a luz que ela emitiu quando Pedro Álvares Cabral descobria o Brasil, etc.

d) (0,1 pts) É possível ver a olho nu estrelas de outras galáxias?
RESP.: Não, a rigor somente supernovas de galáxias próximas.

e) (0,1 pts) No céu que observamos, há regiões em que a densidade de estrelas é bem maior do que em outras. Qual a razão para isso?
RESP.: Estas regiões correspondem ao plano da Via-Láctea. Outra interpretação seriam os aglomerados abertos e globulares.

f) (0,5 pts) Desenhe a constelação do Cruzeiro do Sul e estrelas vizinhas importantes, identifique as principais estrelas e as propriedades (temperatura, cor, distância, etc) que você conhecer das mesmas.
RESP.:

Figura 4 - Questão Bônus da prova de nível III do ano de 1999 da OBA.

Fonte: II OBA, nível III, 1999, modificado.

Além disso, essa prova exige um maior domínio em Matemática e Física, tendo muitas questões interdisciplinares. A prova de 2000 merece destaque, pois as questões têm muitas ramificações, entretanto todas elas abordam o mesmo conteúdo dos enunciados, que são curtos, porém com informações interessantes. Além disso, essa prova é composta por 13 questões e o tópico mais abordado foi o de Estrelas. A prova de 2001 continha questões com enunciados relativamente maiores, porém com maior conteúdo em relação ao ano anterior. Além disso, essa prova explorou conteúdos mais avançados, como leis de Kepler, lei de Hubble e Cosmologia, além de conceitos em Física moderna. A prova de 2002 teve foco em radiações eletromagnéticas, como elas se propagam, quais são os tipos, formas de detecção, etc. Nota-se também o foco em questões interdisciplinares em Física e Matemática. O ano de 2003 traz questões com enunciados grandes, porém mais informativos e contextualizados. Os conteúdos

abordados foram bem distribuídos e a interdisciplinaridade é presente na maioria das questões dessa prova.

Nota-se que o nível III exige, além de conhecimento amplo em Astronomia, maior domínio em Física e Matemática para resolver as questões e obter um bom desempenho.

As Figuras 5, 6 e 7 mostram gráficos com as médias percentuais dos conteúdos abordados nas referidas edições da OBA.

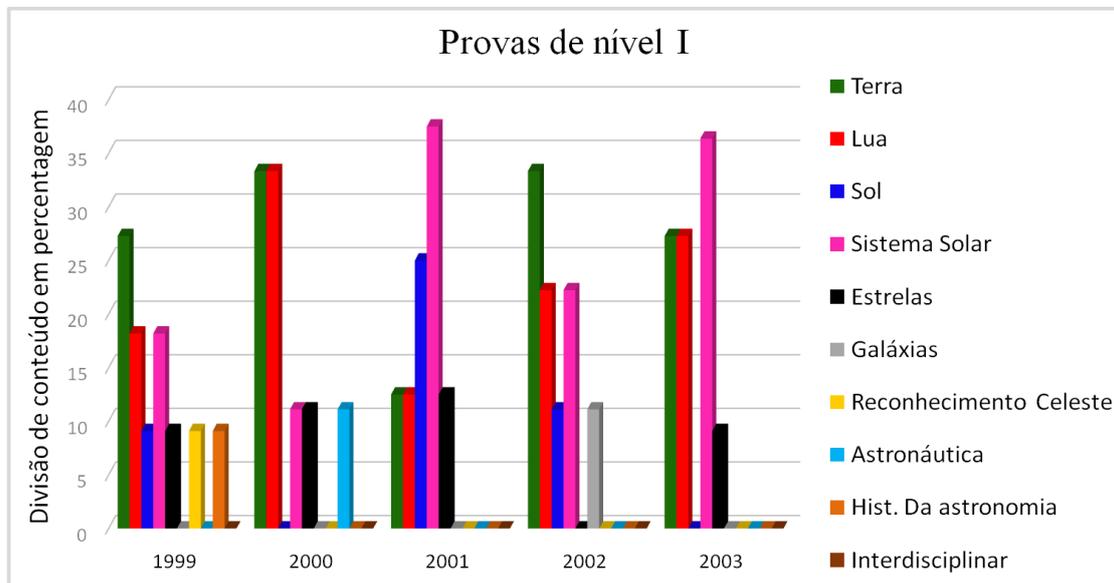


Figura 5 - Gráfico da análise de conteúdo das provas de nível I de 1999 a 2003 da OBA. **Fonte:** os autores.

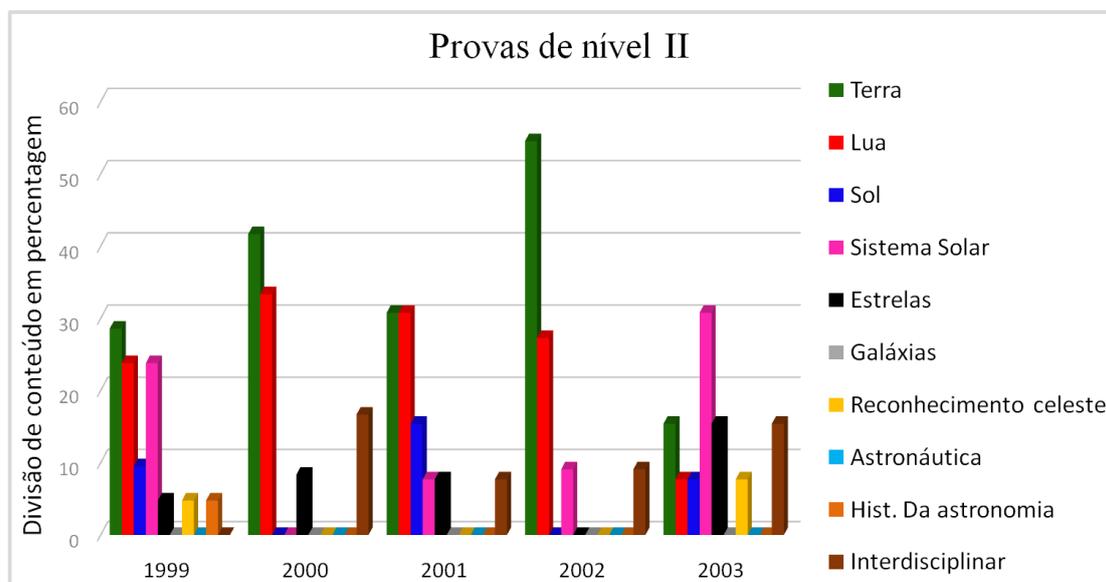


Figura 6 - Gráfico da análise de conteúdo das provas de nível II de 1999 a 2003 da OBA. **Fonte:** os autores.

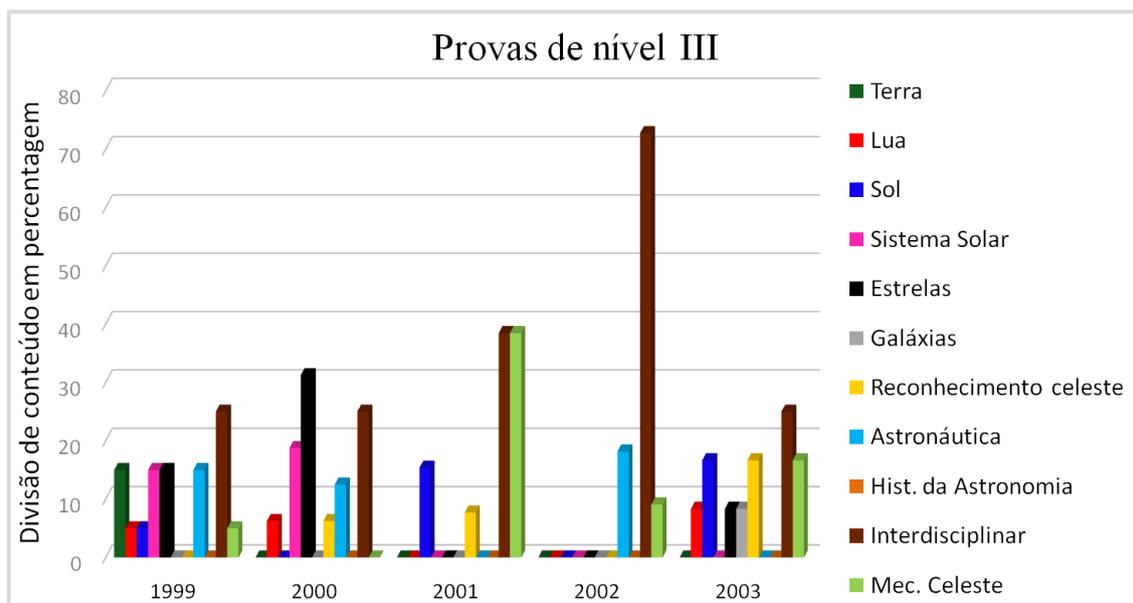


Figura 7 - Gráfico das provas de nível III de 1999 a 2003 da OBA.
Fonte: os autores.

2.3 Etapa III: análise das provas dos anos de 2004 a 2017

A partir de 2004, a OBA passou a ser composta por 4 níveis. O maior destaque dessa nova formulação está, sem dúvida, nas provas de nível I e nível II, que reduziram drasticamente o tamanho dos enunciados das questões, explorando perguntas mais diretas, ilustrativas, didáticas e com linguagem mais simples, o que auxilia para que os participantes do nível I, ainda em fase de alfabetização, tenham rendimento melhor e despertem o interesse em realizar a prova. O ponto negativo é que para esses alunos perde-se o caráter informativo dos enunciados com conteúdo amplo de informações sobre astronomia que poderia servir como material de estudo.

Nota-se uma elevação no nível de dificuldade para o nível III, que agora compreende os alunos do sexto ao nono ano, exigindo mais questões que necessitam de conhecimentos básicos em Matemática. Não foram identificadas mudanças significativas para o nível IV que manteve a exigência de conteúdos mais atualizados e aprofundados como Mecânica Celeste. Cabe salientar que as provas de nível IV são as que mais exigem o domínio de Matemática e Física para solucionar as questões.

Em 2005, a OBA se tornou a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica e começou a exigir obrigatoriamente, para todos os níveis, no mínimo três questões relacionadas à Astronáutica. Dentro dessa perspectiva, o conteúdo mais abordado para os níveis iniciais foi a identificação de veículos e objetos espaciais por meio de ilustrações. Esse tipo de questão se repetiu em quase todos os anos, tanto para o nível I quanto para o nível II.

Para os níveis III e IV é explorada, em quase em todas as edições, uma questão que abrange mapeamentos e imagens da superfície terrestre obtidos por satélites, exigindo dos participantes saber diferenciar as características de cada imagem e o cálculo de escalas. Ainda em relação ao conteúdo de Astronáutica, o nível IV exige que

o aluno tenha bom domínio em Matemática, Física e interpretação de gráficos, explorando na maior parte das questões: cálculos de rotas, lançamentos e trajetórias de foguetes e satélites.

Ainda em 2005 a OBA começa a explorar estruturas de questões ainda não vistas nas edições anteriores. A oitava OBA traz pela primeira vez questões observacionais e experimentais. Pode-se observar nas Figuras 8 e 9 os tipos de questões citadas.

Questão 6) (1 ponto) PERGUNTA OBSERVACIONAL. A QUESTÃO 6a SÓ PODE SER RESPONDIDA SE VOCÊ OLHOU PARA O CÉU COM O MAPA QUE ENVIAMOS PREVIAMENTE PARA SEU(SUA) PROFESSOR(A). CASO CONTRÁRIO, RESPONDA SOMENTE À QUESTÃO (6b), A QUAL TAMBÉM VALE UM PONTO. Você só pode responder à questão 6a ou à 6b e não às duas.

O Brasil é dividido em 5 grandes regiões: Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste. O seu professor vai dizer em qual região você mora.

Para quem mora nas regiões Sul ou Sudeste a pergunta é a seguinte:
Desenhe no quadrado ao lado a constelação do Cruzeiro do Sul (em latim ela é chamada de Crux). Esta constelação tem CINCO estrelas. Faça um X sobre a estrela mais brilhante da constelação do Cruzeiro do Sul.

Para quem mora nas regiões Norte, Nordeste ou Centro-Oeste a pergunta é a seguinte:
Desenhe as 4 estrelas que formam o quadrilátero (ou corpo) da constelação de Órion. Desenhe também as 3 Marias. Uma destas 7 estrelas é bem avermelhada. Faça um X na estrela que é bem avermelhada.

Questão 6b) (1 ponto) Na abertura da novela “Cabocla”, apresentada pela TV Globo em 2004, via-se através de uma janela a Lua e estrelas ao seu redor, conforme ilustra a figura ao lado. Nesta figura os pontinhos pretos são estrelas. Qual estrela não poderia estar desenhada onde está?

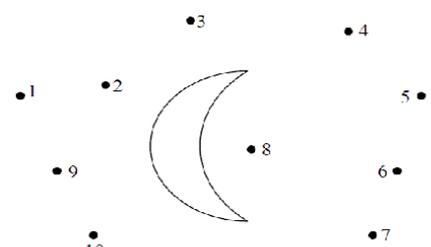


Figura 8 - Questão 6 da prova de nível I do ano de 2005 da OBA.
Fonte: VIII OBA, 2005, nível I, modificado.

Nota-se que a questão ainda faz uma diferenciação por região, caracterizando a preocupação da OBA em não prejudicar nenhum participante.

Isso também pode ser visto nas questões experimentais, segundo mostra a Figura 9. Se caso o aluno não tivesse feito a atividade experimental por algum motivo, a prova propunha outra pergunta alternativa.

Questão 7) (1 ponto) PERGUNTA EXPERIMENTAL. A QUESTÃO 7a SÓ PODE SER RESPONDIDA SE VOCÊ FEZ A TAREFA EXPERIMENTAL QUE ENVIAMOS PARA O SEU PROFESSOR ANTES DA OLIMPÍADA, CASO CONTRÁRIO, RESPONDA SOMENTE À QUESTÃO 7b. A QUAL TAMBÉM VALE UM PONTO. Você só pode responder à questão 7a ou à 7b e não às duas.

Questão 7a) (1 ponto) Na tarefa que enviamos para o seu professor antes da Olimpíada, pedimos que você determinasse o instante (a hora) em que a sombra do seu lápis era a menor do dia. Se você fez esta tarefa, então **entregue junto** com esta prova as tabelas com as medidas que você fez. **(Cada item correto vale 0,2 ponto).**
7a) Resposta: (Cada item correto vale 0,2 ponto)

i) Em que dia e mês você fez esta experiência? **Resp:.....**
ii) Qual era o comprimento do lápis que você usou? **Resp:.....**
iii) A que horas a sombra do seu lápis era a menor do dia? **Resp:.....**
iv) Qual era o comprimento da sombra mínima do seu lápis? **Resp:.....**
v) Ao longo de qual direção cardinal estava a sombra? **Resp: Norte-Sul**

Atenção! Somente se você **não** respondeu a questão 7a é que você pode responder a questão 7b.

Questão 7b) (1 ponto) Tem uma noite em que a Lua está na fase “Cheia” isto é, vemos todo o disco dela iluminado pelo Sol. O Japão fica do lado oposto ao Brasil no Globo terrestre. Se a Lua é Cheia no Brasil, qual é a fase dela no Japão?

Figura 9 - Questão 7 da prova de nível III do ano de 2005 da OBA.
Fonte: VIII OBA, nível III, 2005, modificado.

No período de 2008 a 2013, a OBA teve em todas as provas de todos os níveis duas questões sobre Energia. Nesse tópico, os principais conteúdos abordados foram formas de economia e desperdício no consumo de energia elétrica. As questões do nível IV tiveram ainda um foco em relação aos cálculos de potência e corrente, ou seja, conteúdos de eletromagnetismo.

O ano de 2009 foi muito importante para a OBA. Foi a única edição que se dedicou a um evento específico, pois 2009 foi o ano de várias comemorações importantes para a história da Astronomia, como os 40 anos da Missão Apolo e os 90 anos da observação do eclipse solar em Sobral, que contribuiu para Einstein testar a Teoria da Relatividade, e não menos importante comemorou-se 400 anos em que Galileu utilizou uma luneta para observar e estudar o céu. Por conta disso, as questões das provas foram todas dedicadas a esses eventos. Em Astronomia foram exploradas as descobertas feitas por Galileu observando alguns dos objetos do Sistema Solar. Em Astronáutica, o principal conteúdo abordado foi a Missão Apolo.

Com relação aos conteúdos em um contexto geral, os níveis I e II tem uma distribuição mais homogênea, abordando vários conceitos. No nível III nota-se uma exigência maior de interdisciplinaridade comparada aos anos anteriores. O nível IV exige dos participantes um maior domínio em Astronomia, explorando conjuntamente questões que envolvem cálculos matemáticos e conceitos de Física.

As Figuras 10, 11, 12 e 13 ilustram gráficos com os conteúdos mais exigidos na OBA de 2004 a 2017.

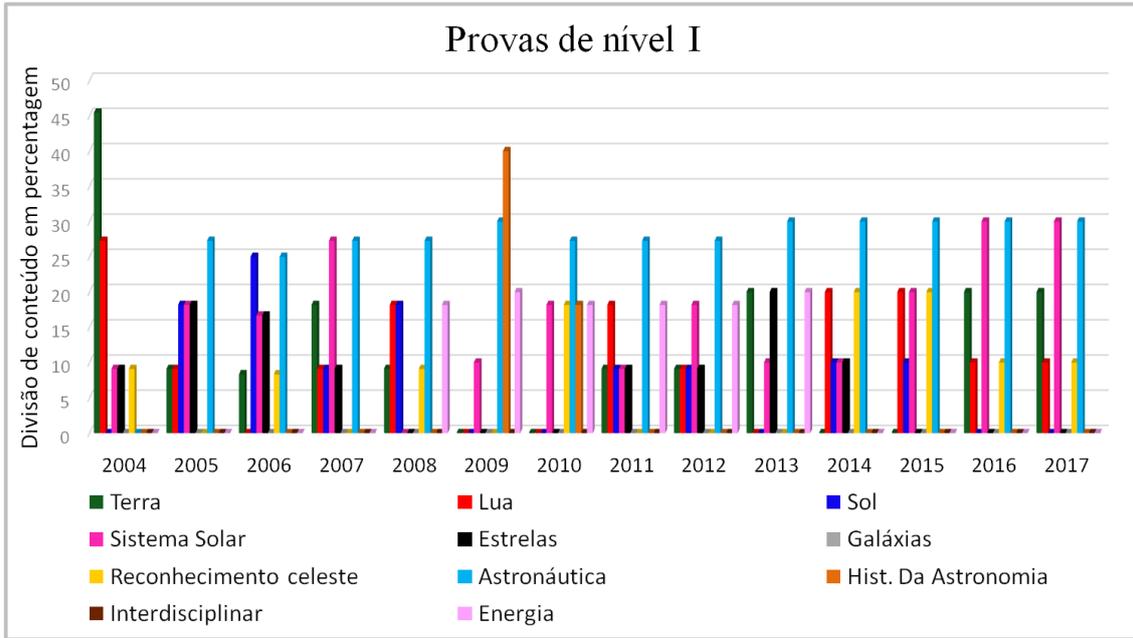


Figura 10 - Gráfico da análise de conteúdo das provas de nível I da OBA entre 2004 e 2017. **Fonte:** os autores.

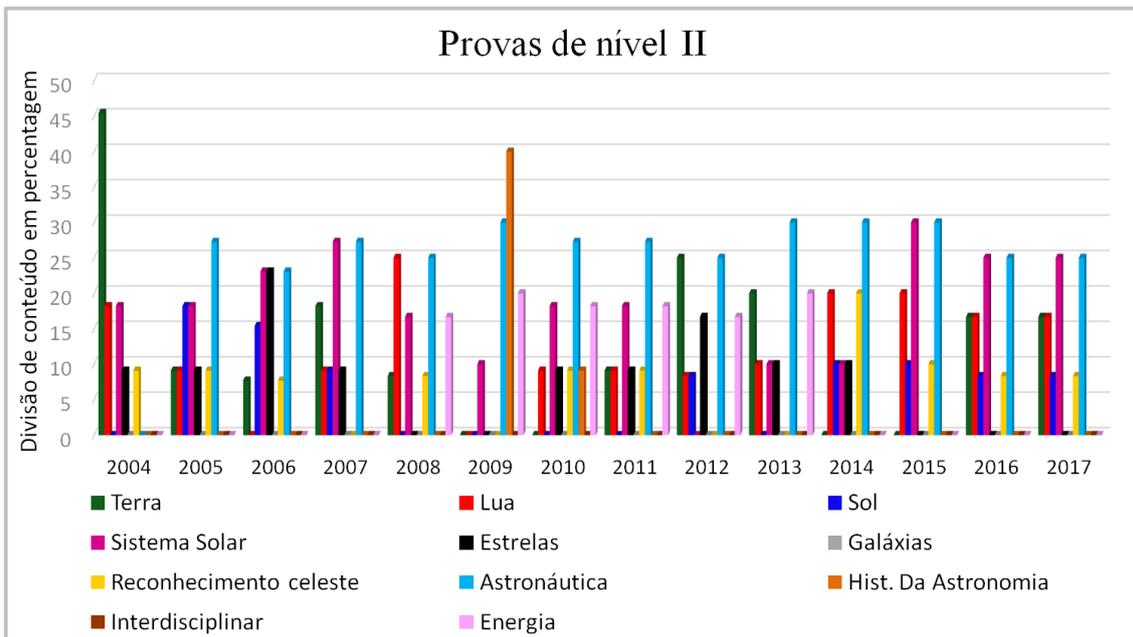


Figura 11 - Gráfico da análise de conteúdo das provas de nível II da OBA entre 2004 e 2017. **Fonte:** os autores.

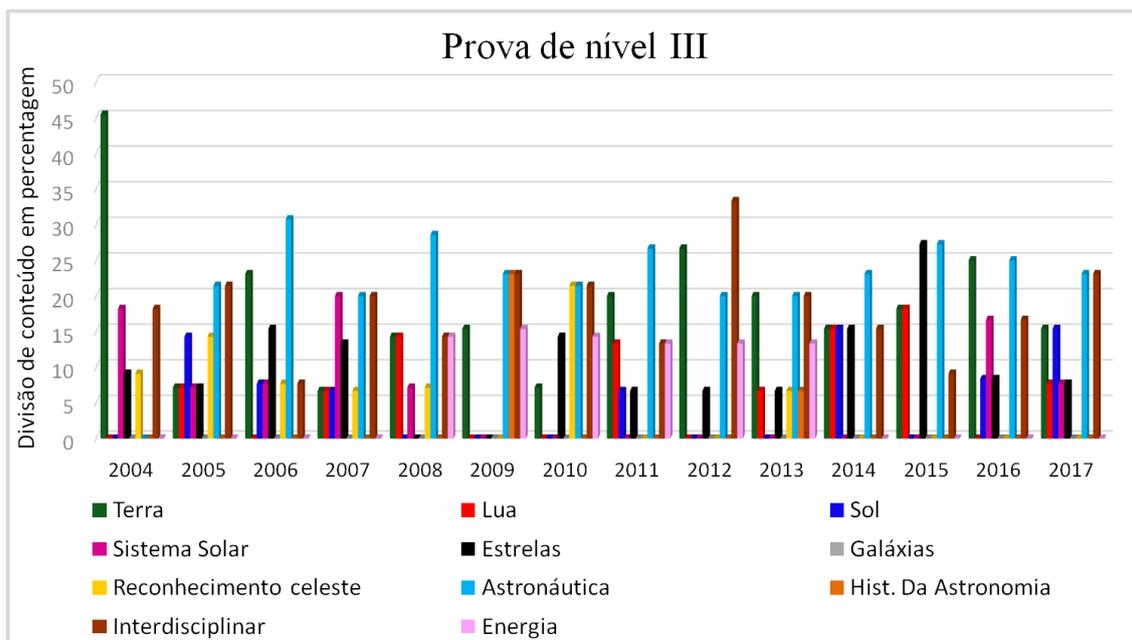


Figura 12 - Gráfico da análise do conteúdo das provas de nível III da OBA entre 2004 e 2017. **Fonte:** os autores.

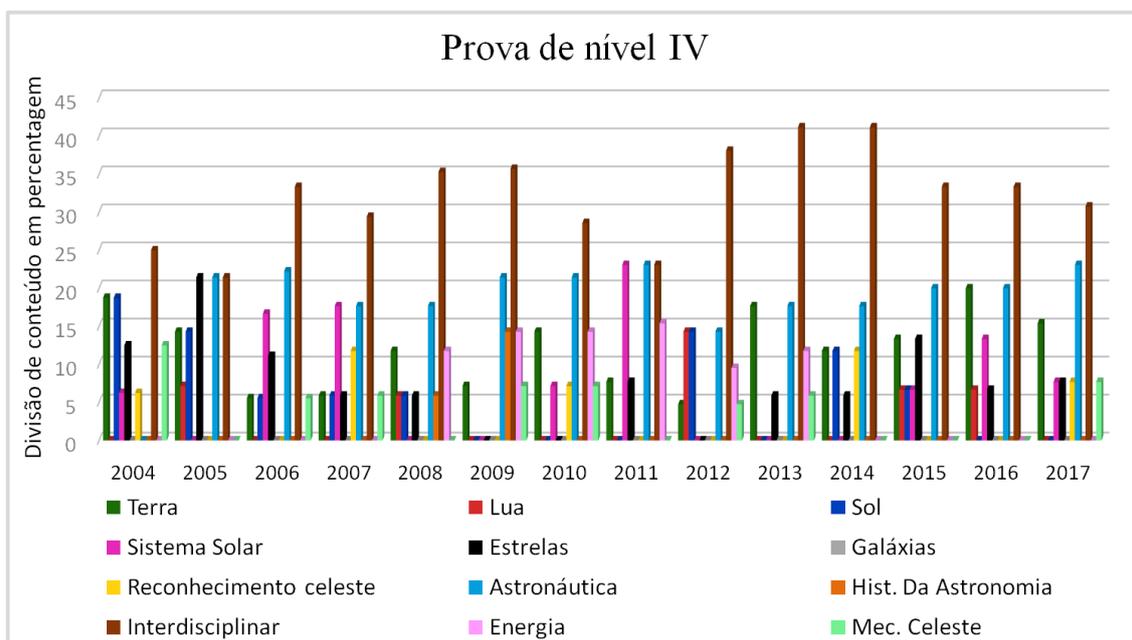


Figura 13 - Gráfico da análise de conteúdo das provas de nível IV da OBA entre 2004 e 2017. **Fonte:** os autores.

3 Considerações finais

Fazendo-se uma análise geral do conteúdo das provas de 1999 a 2017, notou-se que para os níveis iniciais, que compreende os alunos do 1º ao 5º ano do Ensino Fundamental, o tema mais abordado foi Astronáutica. Esse fato é esperado, já que a

partir de 2005 todas as provas tiveram no mínimo três questões desse tema. A Figura 14 mostra a divisão de conteúdo das provas de nível I (1999-2017) e nível II (2004-2017) das questões da OBA. Esses dois níveis foram analisados juntos, pois englobam estudantes da primeira à quinta série do Ensino Fundamental.



Figura 14 - Análise geral da divisão de conteúdos das provas de 1999 a 2017 da OBA para alunos do 1º ao 5º ano do Ensino Fundamental. **Fonte:** os autores.

O conteúdo mais cobrado das provas analisadas entre os anos de 1999 a 2017 para os alunos de 6º a 9º ano do Ensino Fundamental foi Terra, seguido do tema Astronáutica. Cabe salientar que essas provas são as primeiras a exigir dos alunos um domínio em Matemática básica. É possível observar a interdisciplinaridade ganhando espaço. O tópico menos abordado foi Galáxias, com apenas 0,16% como mostra a Figura 15.



Figura 15 - Análise geral da divisão de conteúdos das provas de 1999 a 2017 da OBA para alunos do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental. **Fonte:** os autores.

Para os estudantes do Ensino Médio houve uma maior interdisciplinaridade, exigindo na maioria das questões o domínio de formalismos matemáticos mais avançados que em relação aos níveis anteriores. É possível notar pela Figura 16 que grande parte das questões necessitava não só de conhecimentos em Astronomia e Astronáutica, como também conhecimentos em Matemática, caracterizados como interdisciplinares.

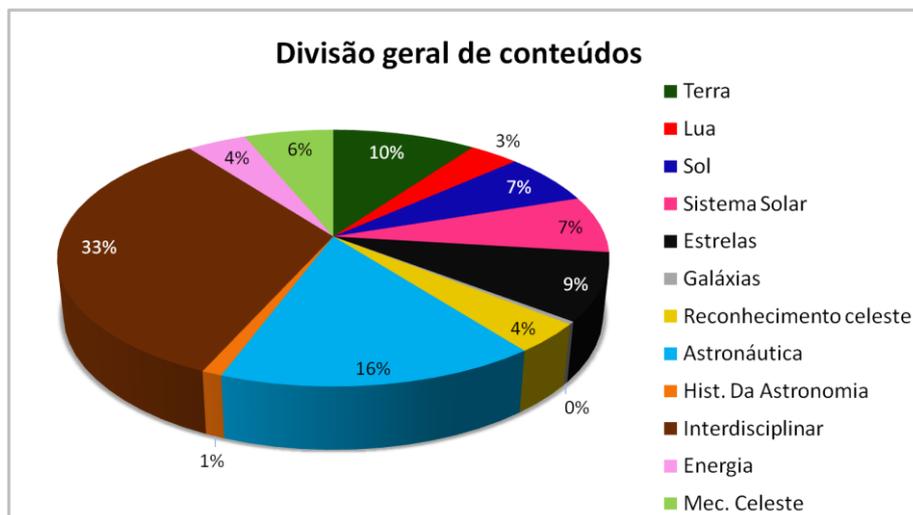


Figura 16 - Análise geral da divisão de conteúdos das provas de 1999 a 2017 da OBA para alunos do Ensino Médio.

Fonte: os autores.

Em todas as edições desse nível da OBA o conteúdo mais exigido foi Sistema Solar, o que caracteriza certo foco por parte dos organizadores. Nota-se que, nas questões analisadas, a preocupação em passar informações sobre nosso sistema planetário era algo recorrente. Independentemente do nível em que o estudante esteja, é crucial o domínio de tal conteúdo para conseguir um resultado satisfatório no exame. Em todos os níveis o conteúdo menos cobrado foi História da Astronomia.

A análise das questões da OBA mostrou que os tópicos trabalhados em cada nível são similares. O que se altera é a profundidade em que eles são cobrados. Importante ressaltar que para os estudantes do Ensino Médio aparece um tópico a mais, relacionado à Mecânica Celeste.

É notável a evolução da OBA no que se refere à estrutura das questões. Para os níveis iniciais, a forma como o conteúdo é abordado, com questões lúdicas e interativas, evidencia a preocupação dos organizadores em atingir de forma adequada tal faixa etária. A mesma evolução não deixa de ser observada em outros níveis. A elaboração de questões que traziam muitas informações sobre Astronomia foi ficando cada vez mais contextualizada e atualizada com o cotidiano do aluno. Apesar dos níveis III e IV exigirem conhecimentos matemáticos para resolução, não foi observada nenhuma questão fora do contexto dos conteúdos abordados.

As questões que exigem prática experimental poderiam ser inviáveis para algumas escolas, uma vez que a maioria das escolas públicas não tem espaço e equipamentos adequados para tal. Porém, a OBA sempre trouxe uma questão alternativa

para quem não realiza as práticas experimentais, o que não prejudica nenhum participante.

Em relação à estrutura das provas, observou-se que várias questões se repetem de um nível para o outro, tendo apenas as provas do Ensino Médio se diferenciando das demais. Além disso, várias questões se repetem, identicamente, de uma edição para outra.

Ao longo dos anos, houve uma maior preocupação com os estudantes na fase de alfabetização. Com o passar dos anos, nota-se a diminuição no tamanho das questões e maior interatividade, deixando de exigir respostas discursivas e migrando para respostas lúdicas, o que só foi crescendo ao longo das edições.

As provas do ano de 2009 merecem destaque, pois foram as únicas que trouxeram conteúdos específicos para aquele ano, baseado nos eventos que estavam sendo comemorados.

Os resultados obtidos não permitem prever como será a divisão de conteúdos adotada para os próximos anos, porém auxiliam a compreender melhor o perfil das provas da OBA, tal como os conteúdos mais cobrados para cada nível, que são explorados em questões bem contextualizadas e elaboradas, evidenciando que a Astronomia é uma ciência que está inteiramente presente no cotidiano dos estudantes.

A caracterização dos conteúdos da prova da OBA pode servir de orientação para os estudantes interessados em obter um bom resultado na OBA, tendo conhecimento dos modelos das questões e como são abordados os conteúdos. Além disso, muitas questões se repetem ao longo dos anos e com isso as próprias provas podem servir de material de estudo. Pode ainda, proporcionar aos professores uma maior interação com o conteúdo de Astronomia, uma vez que tal conteúdo é muitas vezes deixado de lado para priorizar outros, seja nas áreas de Física, Geografia ou Ciências.

Os professores, ao se inteirarem sobre os conteúdos das provas da OBA, podem usufruir desses organizando bancos de questões com potencial para serem utilizadas em aulas, avaliações, gincanas escolares, etc.

Espera-se que este trabalho possa incentivar alunos e professores a aprender e ensinar Astronomia e mostrar o potencial da OBA para tal, além de estimular a participação dos estudantes e professores nesse evento.

Nota-se que a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica é um instrumento de divulgação científica que aborda conteúdos que geralmente são deixados em segundo plano no currículo básico, mostrando aos estudantes uma nova forma de adquirir conhecimento e interagir com a ciência.

Referências

CANALLE, J. B. G. Olimpíadas de Astronomia. In: MATSUURA, O. T. **História da Astronomia no Brasil**. Recife: Cepe, 2014. v. 2, Cap. 14, p. 418-448. Disponível em: http://site.mast.br/HAB2013/historia_astronomia_2.pdf. Acesso em: 22 abr. 2018.

CANALLE, J. B. G.; *et al.*. A XII Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica no Ano Internacional da Astronomia. **Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica**. Disponível em: [www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/historico%20da%20oba/Relatorio%20da%20XII%20OBA%20\(8\).pdf](http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/historico%20da%20oba/Relatorio%20da%20XII%20OBA%20(8).pdf). Acesso em: 22 abr. 2018.

CANALLE, J. B. G.; *et al.*. XX Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica. **Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica**. Disponível em: www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/Relatorio%20da%20XX%20OBA%20-%202017.pdf. Acesso em: 25 fev. 2019.

GAVRILOV, M. G. **The First (Experimental) International Astronomy Olympiad**. Disponível em: www.issp.ac.ru/iao/index.html. Acesso em: 14 mar. 2018.

LAVOURAS, D. F. Relatório da I Olimpíada Brasileira de Astronomia, I OBA, 1998. **Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica**. Disponível em: www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/Nascimento%20da%20OBA.pdf. Acesso em: 21 abr. 2018.

OLIMPÍADA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA (OBA). **Regulamento da 21ª Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica: 2018**. Disponível em: www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/REGULAMENTO%20DA%2021%20OBA%20DE%202018.pdf. Acesso em: 29 abr. 2018.

Artigo recebido em 14/06/2018.

Aceito em 01/03/2019.

A ASTRONOMIA E SUA RELAÇÃO COM A GEOGRAFIA: CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA E ABORDAGENS NO ENSINO

Diego Maguelniski ¹
Alcimara Aparecida Foetsch ²

Resumo: Este artigo propõe uma discussão histórica e epistemológica sobre a relação Geografia e Astronomia e a introdução de temas de Astronomia no ensino de Geografia no Brasil. Para tanto, nos baseamos principalmente nos estudos de Sobreira (2005), Langhi e Nardi (2009a; 2009b; 2012), Leite *et al.* (2014) e Neves (2011). Nosso objetivo consiste em fornecer subsídios e evidências da existência da associação entre os conhecimentos geográficos e astronômicos desde a antiguidade e analisar possíveis heranças dessas associações no ensino de Geografia na Educação Básica brasileira. Para isso, foi necessário elaborar uma revisão bibliográfica dialogada e abordar as principais mudanças correntes do pensamento científico ao longo dos séculos. Estabelecemos consulta a documentações e reproduzimos reflexões de pesquisas sobre o ensino de temas de Astronomia nos séculos anteriores, explorando tendências para a atualidade ainda pouco discutidas. Por fim, discute-se o contexto atual que as temáticas de cunho astronômico assumem no Ensino Básico.

Palavras-chave: Geografia; Astronomia; Ensino; Educação Básica.

LA ASTRONOMIA Y SU RELACIÓN CON LA GEOGRAFÍA: CONTEXTUALIZACIÓN HISTÓRICA Y ENFOQUE DE LA ENSEÑANZA

Resumen: Este artículo propone una investigación histórica y epistemológica sobre la relación Geografía y Astronomía y sobre la introducción temporal de temas de Astronomía en la enseñanza de la geografía en Brasil. Para esto nos basamos en los estudios de Sobreira (2005) Langhi y Nardi (2009a; 2009b; 2012), Leite *et al.* (2014) y Neves (2011). Nuestro objetivo es proporcionar elementos y poner en evidencia la existencia de la asociación entre los conocimientos geográficos y astronómicos desde la antigüedad y analizar las posibles herencias de esas asociaciones en la enseñanza de geografía en la Educación Básica brasileña. Para esto fue necesario elaborar una revisión bibliográfica interactiva y abordar los principales cambios del pensamiento científico a lo largo de los siglos. Establecemos una consulta a la documentación y reproducimos reflexiones de investigación sobre la enseñanza de temas de Astronomía en siglos anteriores, explorando tendencias actuales aún poco discutidas. Finalmente, discutimos el contexto actual en el cual las temáticas de cunho astronómico se incluyen en la Escuela Primaria.

Palabras claves: Geografía; Astronomía; Enseñanza; Educación Primaria.

ASTRONOMY AND ITS RELATION TO THE GEOGRAPHY: HISTORICAL CONTEXTUALIZATION AND TEACHING APPROACHES

Abstract: This article proposes a historical and epistemological discussion about the relation of Geography and Astronomy and about the temporal introduction of Astronomy topics in the Geography teaching in Brazil. We build on the studies of Sobreira (2005), Langhi and Nardi (2009a; 2009b; 2012), Leite *et al.* (2014) and Neves (2011). Our aim consists on providing elements and evidences of the existence of association between the geographical and astronomical knowledge since the ancient times and analyze the heritage of those associations on the teaching of Geography in Brazilian Elementary/Middle Education. For that purpose, it was necessary to elaborate an interactive

¹ Universidade Estadual do Paraná, União da Vitória, Brasil. E-mail: diegomag.com@gmail.com.

² Universidade Estadual do Paraná, União da Vitória, Brasil. E-mail: alcimaraf@yahoo.com.br.

bibliographical revision and address the main current changes of scientific thought along the centuries, exploring present trends which still lack enough discussion. We consulted the existing documentations and reproduced reflections of researches about AstronomyTeaching topics in the last centuries. Finally, we discuss the current context in which the topics of astronomical imprint are included in the Elementary/Middle School.

Keywords: Geography; Astronomy; Teaching; Elementary/Middle Education.

1 Introdução

A Geografia possui vínculos muito antigos com as mais diversas áreas de estudo, embora, como ciência, institucionalizou-se somente no século XIX. As características naturais de nosso planeta, o clima e a vegetação, bem como a localização geográfica e o estudo da organização humana eram temas postulados desde os tempos antigos nas discussões de estudiosos e filósofos.

A Astronomia é concebida como umas das mais antigas Ciências Naturais. Sua utilização pelo homem remonta as antigas organizações coletivas humanas onde a observação do céu compunha parte integrante de sua cultura, instruções estabelecidas para o cultivo agrícola e orientação geográfica. Assim como muitos temas da Geografia, a Astronomia fazia parte dos estudos dos gregos e demais povos na antiguidade, que estudavam e teorizavam os astros e seu posicionamento, a Lua, o Sol, a Terra, o movimento da Esfera Celeste, pensavam a ordem do universo, a forma da Terra, suas características de ordem astronômica, entre outros assuntos.

Ambas as ciências encontraram campos de fértil desenvolvimento durante certos períodos da história. Muitas vezes seus temas, que hoje nos separamos e concebemos como pertencentes a diferentes ciências foram estudados em conjunto como um só corpo de conhecimentos (SOBREIRA, 2005). Durante as Grandes Navegações europeias nos séculos XV, XVI e XVII, o desenvolvimento da orientação náutica dependia grandemente dos conhecimentos de Astronomia, Cartografia e Geografia, e, o resultado disso, foi uma maior difusão dessas ciências nas instituições de ensino existentes.

Os temas de Geografia e Astronomia encontraram fomento importante na filosofia positivista de August Comte (1798-1857). Essa filosofia previa uma ordem de estudos para a iniciação do ser humano na ciência, começando pelas que tratam pela ordem natural e física do universo (SOBREIRA, 2005). Embasado no modelo cartesiano e na filosofia positivista, o ensino básico europeu englobou temas de ordem astronômica e cosmográfica nos currículos disciplinares, vindo a legar esse modelo curricular e essa base de conhecimentos a outros sistemas de ensinos em diversos outros países fora do continente, que bebiam da cultura e da ciência europeia.

Com a sistematização dos diversos campos da ciência e, particularmente, da Geografia no século XIX, junto com grande parte das ciências humanas, os conhecimentos geográficos e astronômicos se definiram melhor em ciências separadas (embora a Astronomia já fosse considerada uma ciência a parte). No ensino básico, no entanto, essas duas ciências continuavam a expressar pontos de intersecção nos séculos XIX e XX, como, por exemplo, o ensino da disciplina de cosmografia no Brasil até metade do século XX.

Depois dos eventos da Guerra Fria e da Corrida Espacial entre EUA e União Soviética na segunda metade do século XX, houve uma ampla divulgação das descobertas e conquistas efetuadas no espaço extraterrestre (SOBREIRA, 2005). A Astronomia, embora não fosse ministrada comumente como uma disciplina, alcançou grande popularização no ensino de Geografia e Ciências, reforçando e até mesmo extrapolando as intersecções existentes entre essas ciências através dos conteúdos trabalhados e ensinados.

Com o remodelamento dos currículos escolares, os conteúdos trabalhados em Geografia têm se afastado da Astronomia. Reforçando essa tendência, muitos livros didáticos de Geografia chegam a reduzir extremamente ou até mesmo omitir temas de discussão física e natural. No entanto, existem muitos pontos de convergência entre essas duas ciências que continuam existindo no ensino de Geografia.

Existe também uma visão muito superficial do que seria ou do que trataria a Astronomia. Não é incomum encontrar entre os professores visões fantasiosas dessa ciência (LANGHI; NARDI, 2012) relacionando-a majoritariamente com as diárias façanhas científicas no espaço sideral. Para muitos, a Astronomia preocupa-se com o longínquo e o abstrato, relacionando-se pouco, pensa-se, com os conteúdos que precisam ser repassados aos alunos, ou então, com seu cotidiano. Esse grande engano limita em muito o campo de ação dos professores de Geografia, que, por vezes, se veem escusos ao tratar de temas relacionados a ciência astronômica. Pouco se sabe sobre as inúmeras ferramentas que o estudo dos astros (principalmente, do nosso astro lar, a Terra) auxilia no ensino de Geografia, e, principalmente, de como elas podem ser trabalhadas em conteúdos presentes nos programas dessa disciplina.

Propositamente, busca-se ao empreender este estudo, desmistificar a Ciência Astronômica, revelando-a como ferramenta de ensino efetiva em Geografia, além de, estudar a relação entre Geografia e Astronomia através do tempo histórico, buscando entender sua influência no Ensino Básico brasileiro.

Nossos objetivos para o devir desse trabalho é fazer um breve resgate histórico da relação Geografia-Astronomia e demonstrar o percurso histórico dos estudos astronômicos e suas contribuições a futura ciência e disciplina de Geografia, institucionalizada no século XIX. Logo, nosso primeiro objetivo é resumido na primeira parte consistindo de considerações desde o período pré-histórico até a era contemporânea, com destaque a algumas particularidades da relação entre conhecimentos terrestres e celestes cujo acreditamos que necessitam de melhor enfoque. Para tanto, contaremos com algumas das contribuições trazidas por Sobreira (2005), Gomes (2003, 2017), Neves (2011) e Randles (1994).

O segundo objetivo é demonstrar como a disciplina de Geografia herdou conteúdos de Astronomia no Ensino Básico brasileiro e comentar sobre a situação de regresso que ameaça os temas de Astronomia em Geografia e a própria existência da disciplina. Nesse tópico será tratado especificamente como temas de Astronomia foram inseridos nos conteúdos programáticos no Ensino Básico brasileiro durante os séculos XIX e XX. Sobre esse assunto em particular não há contextualizações suficientes, por isso, a importância dessa contribuição à teoria do ensino de Geografia. Será de apoio essencial a utilização dos estudos de Sobreira (2005), Leite *et al.* (2014) e Langhi e Nardi (2009a, 2009b, 2012). Ao fim comentaremos sobre a situação de possível situação de retrocesso no ensino de Astronomia na disciplina de Geografia e como

algumas discussões políticas em torno da reforma da Educação Básica brasileira vem ameaçando a própria disciplina de Geografia.

2 Contextualização Histórica da Astronomia e da Geografia e sua relação através do tempo

Segundo Rosa (1994 *apud* BORGES *et al.*, 2011) a Astronomia é a mais antiga das ciências da natureza. Ela praticamente nasceu junto com a formação dos primeiros grupos humanos sobre a Terra, cresceu com as crenças de vários povos e foi adquirindo novos status de acordo com os diferentes momentos históricos e suas visões de mundo. Da formação dos primeiros conjuntos humanos até a esquematização de formas de escrita mais complexas os conhecimentos geográficos mantinham uma presença apenas elementar e não tinham intuito preponderantemente científico. A Astronomia era utilizada na contagem dos dias do ano e do mês, era utilizada para orientação e regulava as práticas culturais e de trabalho. Sobreira nos traz informações importantes sobre esse período:

Segundo os estudos de Arqueoastronomia, os primeiros registros astronômicos dignos de nota foram os calendários lunares primitivos, que evidenciam que os ciclos temporais solares e lunares regiam as atividades humanas nas “sociedades naturais” pré-históricas, o que originou as primeiras concepções míticas do Mundo e os primeiros calendários. Quanto aos conhecimentos geográficos, eles eram dispersos antes e depois do registro por meio das pinturas rupestres e da escrita, restringindo-se a explorações e viagens para subsistência individual e de grupos humanos (SOBREIRA, 2005, p. 28).

A Astronomia foi - embora na antiguidade não fosse concebida como um campo de estudo a parte e estivesse associada tanto aos temas físicos (Astronomia) e metafísicos (Astrologia) - um dos primeiros campos de estudos a se preocupar com a descrição e explicação dos fenômenos físicos e temporais que se observavam tais como: as estações do ano; o dia e a noite; o movimento do Sol, da Lua, estrelas e planetas, entre outros. Na Idade Antiga os conhecimentos em Astronomia eram utilizados para formular sistemas que posicionavam a Terra no universo e ajudavam a referenciar elementos distribuídos na superfície do mundo até então conhecido. Podemos constatar ao levar em conta a abrangência dos temas mencionados, que a Astronomia se caracteriza como precursora da Geografia quanto ao estudo de muitos fenômenos naturais que afetam diretamente a vida humana e sua organização no espaço.

2.1 Uma “unicidade” entre conhecimentos

Na Idade Antiga vários povos, com seus observadores dos céus, astrônomos-astrólogos, sacerdotes e estudiosos davam explicações diferentes sobre o universo, a forma da Terra, os oceanos, as terras continentais conhecidas (que legou-se sobre o nome de Ecúmeno) e a morada dos deuses e demônios. A busca de uma ordem e de um elemento dominante para os Cosmos, além da configuração da superfície terrestre, irá demandar esforços da Matemática, da Astronomia, da Geografia, da Filosofia e de outros campos do conhecimento que hoje nós separamos em diferentes ciências. Nessa linha, Sobreira (2005) ao tratar da história da Cosmografia, afirma que houve na Idade

Antiga uma **unicidade** entre os conhecimentos geográficos, cartográficos, astronômicos e cosmográficos.

Ainda que consideremos uma precursão da Astronomia quanto a alguns conhecimentos utilizados na Geografia, já na Idade Antiga povos que se aplicavam ao estudo dos fenômenos naturais e observação dos astros demonstravam alguma especialização em campos distintos.

Na Grécia antiga surgem as palavras “Astronomia” e “Geografia”, segundo Sobreira (2005). A palavra “astronomia” estava mais perto do sentido que nós atribuímos a ela atualmente, no entanto, a palavra “geografia” não tinha o mesmo sentido tal qual a atribuímos hoje. Consultando algumas obras como Sobreira (2005), Randles (1994) e Gomes (2003, 2017), percebe-se que o vínculo da palavra geografia para os gregos antigos estava aliado muito mais a cartografia, a matemática e a distribuição territorial humana sobre a superfície terrestre.

As principais contribuições para os conhecimentos Astronômicos, Geográficos e Cartográficos, que influenciaram a ciência dos séculos vindouros, se deram por povos como os Gregos, os Árabes, os Romanos, Babilônios e outros mais. Os Gregos legaram vários modelos, observações, cálculos e teorias sobre a Terra e o Universo, dentro, é claro, das possibilidades técnicas e da realidade da época.

Alguns exemplos de toda a gama de especulações, teoremas, medidas e modelos legados são, por exemplo: a noção de Terra esférica, a medida da circunferência da Terra³; conceito de solstício e equinócio; a descoberta da precessão dos equinócios (Hiparco de Nicéia 190-120 a.C.); a construção de modelos geocêntricos (Terra fixa), um modelo heliocêntrico (de Aristarco de Samos, 310-220 a.C.) (NEVES, 2011); outros modelos diversos, que procuravam explicar o movimento dos astros e a posição da Terra no Universo; a noção de zonas climáticas, entre outras contribuições, dentre as quais citamos aqui apenas algumas em maior destaque.

Em questão de conhecimentos geográficos, próximo de como nós concebemos hoje, havia relatos de viagens, descrição de povos e da organização política da época, manuscritos teóricos tratando sobre a superfície da Terra, a posição da Terra no universo, tratados sobre as características climáticas do planeta, que ficaram para testemunhar as antigas descrições dos espaços naturais e humanos. Surgiram, no período, as primeiras obras que tratavam do termo Geografia: Estrabão (64 a.C. – 24 d.C.) “primeira obra com alguma sistematização, denominada Geográfica”, os “princípios da Geografia Matemática”, de Marinus de Tiro, do século II d.C., (SOBREIRA, 2005, p. 28). Em particular, Estrabão contribuiu com uma extensa obra que marcava uma teorização que unia aspectos matemáticos e descritivos, ou, em outros termos, Astronomia e conhecimentos de Geografia⁴ (GOMES, 2017). Também houve

³ Entre as medidas realizadas a mais citada é a de Eratóstenes de Alexandria – 276-194 a. C. – segundo Neves (2011), ele chegou à medida de aproximadamente 250.000 estádios, hoje 39 375 km, muito próximo do valor atualmente adotado.

⁴ Gomes faz comentários sobre a obra de Estrabão das páginas 67 a 70 de sua obra “Quadros Geográficos”, trazendo algumas citações do filósofo grego. É destacado como Estrabão compôs uma obra descritiva ao mesmo tempo em que utiliza de conceitos de geometria, matemática e Astronomia para organizar o mundo conhecido. Gomes (2017) comenta que Estrabão “insiste que a descrição do mundo é apenas uma parcela do conhecimento, pois há uma ‘correlação entre os estudos astronômicos e geométricos por um lado e a Geografia de outro (Estrabão, 1867, p.13, v. II)” (GOMES, 2017, p. 69).

uma importantíssima obra, a “Geografia” do astrônomo Claudius Ptolomeu (séc. II d.C.), sobre a qual temos uma descrição melhor também em Sobreira:

Os primeiros mapas do Mundo Terrestre, nos quais se utilizou um sistema de coordenadas, encontra-se na obra “Geografia” de Claudius Ptolomeu do século II. Ele foi o primeiro pensador que situou o plano do Equador terrestre como referência para as medidas das latitudes ao Norte e ao Sul, a partir da projeção do Equador Celeste, estabelecido através de observações dos movimentos aparentes da Esfera Celeste (SOBREIRA, 2005, p. 187).

No entanto, inferindo sobre informações encontradas em Randles (1994), no Ocidente, sua obra “Geografia” se popularizou muito mais tarde, depois de 1475, quando foi publicada a primeira versão traduzida para o Ocidente.

Gomes (2017, p. 71) comenta, citando Ptolomeu, que “como seu antecessor Estrabão, Ptolomeu também participava da empreitada de querer pensar a variedade do mundo [...] sua meta era desenhar um mapa do mundo conhecido” sendo que para ele o desenho, ou mapa, deve se apoiar “nas descrições que encontramos nos relatos de viagens [...]. Mas não nos esqueçamos que, na investigação como na transmissão, devemos nos garantir na geometria e na astronomia” (PTOLOMEU, 1828 *apud* GOMES, 2017, p. 62).

Ptolomeu foi sobretudo importante para Astronomia antiga e medieval e foi um dos estudiosos que primeiro desenvolveu a noção de uma representação da superfície terrestre usando de convenções para deixar a representação sobretudo mais precisa. Reunindo em um grande compendio conhecimentos astronômicos de boa parte da Antiguidade, em sua obra *Almagesto* (século II d.C.), interpretou Aristóteles e elaborou um sistema geocêntrico que pretendia aproximar-se o máximo possível dos movimentos dos astros observados no céu (NEVES, 2011). A influência Ptolomaica na Astronomia ocidental seguiu-se majoritariamente dominante por um grande período, sentindo seus primeiros sinais de derrocada na crise do feudalismo, porém, sobrevivendo o bastante para digladiar ou emprestar conhecimentos a Copérnico (1473-1543), Tycho Brahe (1546-1601) e Kepler (1571-1630).

De todo modo o importante é considerar que, sobretudo Ptolomeu, Estrabão e outros estudiosos da Idade Antiga legaram imagens do mundo, visões de universo - *imago mundi*, segundo Gomes (2003) - e que suas descrições e representações do mundo se tornaram modelos de base para os futuros cosmógrafos na época do Renascimento (GOMES, 2003). Antes, porém, os conhecimentos antigos precisaram atravessar um processo de reculturação cristã de uma Europa Medieval, que somente utilizou parte de sua grande contribuição.

2.2 As interpretações cristãs na Idade Média

Para entendermos como estavam engendrados os conhecimentos de Astronomia e Geografia no período medieval precisamos entender um pouco do pensamento da época. Concordando com Santos (2002), subscreve-se sobre o pensamento medieval, pensando na Geografia e Cartografia, mantinha as noções de localização e representação reservadas às alegorias religiosas; na Astronomia, herdando concepções aristotélicas, o céu era tido como algo “incorrutível”, ou seja, perfeito.

Observa-se que o interesse do pensamento dominante medieval não era necessariamente localizar - e nisso Santos (2002) foi bem incisivo - menos ainda medir, e, sim, representar os objetivos transcendentais do ser humano. Não pensemos, porém, que o pensamento medieval se limitava a um mundo restrito e fechado. Assim o autor rebate que “transformar o mundo dos servos e senhores num modelo aplicável a todas as suas relações em todos os seus momentos é, no mínimo, um reducionismo que os historiadores, de maneira geral, já superaram” (SANTOS, 2002, p. 34).

Boa parte do conhecimento antigo foi preservada pela Igreja Católica, em mosteiros onde monges se dedicavam a copiar e preservar obras. A Igreja, vê-se, tinha um monopólio tanto social, quanto intelectual. Também, não se tinha o interesse em mudar as concepções dominantes, a custo de reduções sofridas no campo da Geografia, Astronomia e Cartografia. Porém, não podemos falar em inércia, ou trevas, no período medieval. O pensamento nesse período também sofria transformações, tanto que não era o mesmo em diferentes séculos de sua duração. Já no século XIII, Sacrobosco (1195-1256), um monge da Igreja, elabora o “Tratado da Esfera”. Embora sua obra sancione Ptolomeu e Aristóteles na base do pensamento astronômico e cosmográfico europeu por bastante tempo (SOBREIRA, 2005), há elementos em sua obra que indicam mudanças importantes. Por exemplo: “A universal máquina do mundo divide-se em partes: a celestial e a elementar” (SACROBOSCO, 1991 *apud* SANTOS (2002, p. 39). Aqui Santos (2002, p. 40) identifica “uma rota de colisão” no texto de Sacrobosco, em comparação com as literaturas anteriores, pelo tratamento “máquina” dado ao se referir ao mundo. Para Santos (2002, p. 41) essa máquina não é necessariamente a da Física moderna, mas o importante para o autor é que “por trás dessa alegoria está a pressuposição da possibilidade explicativa”. Randles (1994, p. 14) também identifica que Sacrobosco deu “uma explicação natural (aristotélica e não bíblica) à existência da terra firme deixada a descoberto pelas águas [...]”.

Os fatores como o desenvolvimento da matemática, a instrumentalização cartográfica e astronômica, uma maior racionalização da economia e as viagens dos europeus a alto mar foram de importância preponderante para a ciência dos séculos vindouros e para a formação da sociedade mercantil e expansiva no final da Idade Média e início da Idade Moderna.

2.3 As cosmografias e o mundo redescoberto

Um longo movimento que já vinha acontecendo desde a Idade Antiga se fortalece e iria se concretizar no período moderno: a separação dos conhecimentos científicos em diferentes campos de estudo e a instituição do método científico. Mesmo assim, o conhecimento do universo e a esquematização do mundo conhece antes um período de ebulição. Os conhecimentos associados a Astronomia e a Geografia serão vinculados a prática náutica e o aparecimento da Cosmografia ao período da Renascença. Gomes ressalta sobre esse período que:

Rompendo com a ordem medieval, a Renascença deu duas principais direções à geografia. Primeiramente, ela fez nascer a necessidade de um novo modelo cosmológico, a fim de substituir o sistema geocêntrico, o único então aceito pela Igreja. Em segundo lugar, a Renascença, ao adotar a Antiguidade clássica como fonte primordial de toda inspiração, também conduziu a geografia a tirar seus modelos fundamentais deste período (GOMES 2003, p. 127).

Nesse sentido as obras de alguns estudiosos gregos são retomadas, em um retorno aos clássicos, para fundamentar a redescoberta do mundo e construir novas visões do todo em suas feições naturais, astronômicas e antrópicas. Nesta perspectiva, os cosmógrafos foram personagens importantes na difusão do conhecimento matemático, astronômico e geográfico durante o Renascimento e a formação do período moderno.

Um processo de mudança importante desse período foi a chamada revolução Copernicana. Alguns passos já haviam sido dados até Nicolau Copérnico (1473-1543) defender o seu conhecido modelo Heliocêntrico. A mudança de paradigma, as navegações e a construção conceitual em torno do globo terrestre trouxeram novas experiências ao mundo ocidental necessárias ao sucessivo modelo de Copérnico. Segundo Kuhn (2011) a revolução copernicana obteve sucesso porque a crise da Astronomia Ptolomaica estava se acirrando e por causa de novas observações astronômicas as quais o modelo tradicional não conseguia mais se adaptar em tempo. De fato, algumas observações feitas por viajantes, alguns tratados e relatos já questionavam o pensamento escolástico e seu conceito de mundo. Porém, não é certo que Copérnico tenha teorizado um modelo superior ao de Ptolomeu. Segundo Moschetti:

Copérnico não aumentou a precisão dos cálculos, mas, do ponto de vista estético, seu modelo era muito mais atraente àqueles que protagonizavam a revolução dos séculos XVI e XVII, como Galileu (1564 – 1630) e Kepler (1571-1630). A chamada revolução copernicana só se concretizou através de seus seguidores (MOSCHETTI, 2004, p. 51).

Copérnico designava que os planetas conhecidos se movimentavam em torno do Sol, que se colocava em um ponto próximo ao centro da circunferência da órbita terrestre (SOBREIRA, 2005). A ideia de um modelo heliocêntrico não era nova, pois, na Idade Antiga, Aristarco de Samos já havia formulado um modelo que previa os movimentos de rotação e translação da Terra e os movimentos de translação dos planetas ao redor do Sol (SOBREIRA, 2005). Copérnico chegou a um ordenamento do Sistema Solar semelhante ao que possuímos hoje (tirando Urano, Netuno, os planetas anões e outras estruturas, como a nuvem de Oort) e ao cálculo correto dos períodos sinódicos dos planetas, assemelhando seu modelo ainda em alguns pontos com o sistema geocêntrico de Ptolomeu, como os movimentos circulares dos planetas (NEVES, 2011). Importante ressaltar que as mudanças mais importantes aconteceram nos campos da filosofia e da teologia. As próprias motivações de Copérnico ao formular seu modelo não eram apenas científicas, pois acreditava verdadeiramente que o lugar do Sol no centro do Universo se justificava por sua posição de astro-rei (SOBREIRA, 2005; NEVES, 2011).

Através do modelo Heliocêntrico de Copérnico, Galileu Galilei (1564 – 1642) e Kepler (1572 – 1630) prosseguiram dando ênfase a mudanças na ciência. Galileu, como grande cientista e astrônomo, desenvolveu as primícias do “método científico”, no qual a produção de conhecimento seria obtida através de experimentos e análise de seus resultados deslocando a ciência de sua antiga base discursiva para a prática. Em 1610, acredita-se que Galileu utilizou pela primeira vez um telescópio para observar as estrelas, a Lua e os planetas. Suas observações renderam manuscritos polêmicos para a sociedade de então, e, no entanto, seu intento jamais foi esquecido. Já Kepler elaborou

uma teoria na qual descrevia matematicamente os movimentos da Terra e dos planetas ao redor do Sol e elaborou leis que explicavam seu modelo, conhecidas como leis de Kepler. Para chegar a formular suas conhecidas leis, foi preciso a utilização de observações muito precisas - Kepler teve acesso as observações de Tycho Brahe (1546-1601), um grande astrônomo da época - e anos de pesquisa, para, ainda assim, refutar boa parte do que formulou e adotar uma solução diferente: em vez dos planetas se moverem em círculos perfeitos, como queria, eles se moviam em elipses, com o Sol próximo de um dos focos da elipse.

Ao mesmo tempo que a ciência sofria grandes transformações, a Europa encaminhava-se em sua dominação colonial e empreendia diversas explorações náuticas atrás de terras e recursos. O desenvolvimento da orientação cartográfica, geográfica e astronômica possibilitou o surgimento de uma base de apoio técnico para as Grandes Navegações. A formação de um corpo de conhecimentos para a orientação náutica fortalecia o desenvolvimento do que viria a ser mais tarde a cartografia. Os europeus, que acreditavam que a Europa, Ásia e parte da África fossem as únicas superfícies emersas da esfera terráquea de Aristóteles (RANDLES, 1994), se defrontaram com a experiência do achado de novos continentes. Novos céus se abriram a vista de marinheiros observadores. Havia sido encontrados povos na região da linha do equador, contrariando a crença de que se tratava de uma região inabitável, onde nenhum ser humano podia viver devido ao calor intenso. Alguns cosmógrafos, embora utilizassem de tratados clássicos, já abandonavam velhas teorias vinculadas as noções de Aristóteles, Ptolomeu e Sacrobosco, em favor de autores modernos e de suas próprias experiências.

Um novo mundo se abria diante dos olhares ávidos de portugueses e espanhóis, e, mais tarde, dos ingleses, franceses, holandeses e outros países da Europa. As velhas explicações do mundo já não serviam, e, aqueles que se aventuravam a postular conceitos sobre o mundo e a disposição de sua estrutura sem levar em conta as experiências náuticas, corriam o risco de já terem as suas formulações caírem por terra em pouco tempo, graças a qualquer descoberta ou relato de algum navegador ou marinheiro, o que não acontecia a alguns séculos atrás (na Idade Média), onde uma ideia ou teoria chegava a ter milênios sem grandes contestações.

Das explorações europeias e da acumulação mercantilista constituiu-se uma sociedade colonial, baseada na relação Europa (Metrópole) e suas colônias. A cartografia evoluiu, e das cartas-portulano chegou-se a formas mais precisas e adaptadas as necessidades náuticas, como as projeções cartográficas. Logo, no entanto, as formas econômicas evoluíram, e as mudanças no plano técnico e científico abririam portas a Revolução Industrial.

2.4 Tempos modernos e a fragmentação da ciência

Da revolução Copernicana e do método científico de Galileu o pensamento filosófico e científico europeu caminhou rumo a Newton e Descartes. Descartes (1596-1650) propôs em seus tratados uma base de análise para todo conhecimento, baseado em dividir um todo em quantas parcelas fosse possível e assim analisar parcela a parcela. Sua proposta é começar do zero e construir uma base sólida de conhecimento. Esse pensamento influenciou profundamente a ciência e a filosofia dos séculos vindouros, conformando as mudanças tecnológicas e sociais da nova sociedade que se

formava. Newton (1643-1727) solidificou todas as mudanças em curso que vinham acontecendo desde o fim da Idade Média. Ele entendeu que a natureza podia ser explicada através de leis, entre as quais descobriu (muitos autores falam em descoberta, aqui prefere-se dizer que ele “elaborou”) as da Gravitação Universal, as Leis do Movimento (de Newton), do Resfriamento, da Viscosidade, entre outros teoremas que construiu (CHASSOT, 2004). As mais conhecidas e importantes são as leis da Gravitação Universal e as leis do Movimento, que embasam toda a Física e a Astronomia da Idade Moderna e que perduram atualmente ao lado da Relatividade de Einstein. Não só a Astronomia e a Física comportariam as leis newtonianas, mas tudo que se refere ao movimento e ao comportamento dos corpos teria que passar por Newton, aplicando-se aos mais variados campos da ciência, inclusive a alguns tópicos de Geologia em Geografia.

Desde Newton até o fim do século XIX grandes transformações afetaram toda a sociedade. As revoluções científicas e técnicas (com a I e a II Revoluções Industriais) mudaram a relações sociais, o trabalho e a relação do ser humano com a natureza. A ciência conheceu uma fragmentação cada vez maior advinda do pensamento cartesiano e positivista. Desde o século XVII, a Astronomia já era reconhecida como uma ciência própria (em particular, ganhou um caráter estritamente científico, se separando do que se conhece como astrologia)⁵, e, a Geografia, somente a partir do século XIX chegava à academia⁶. A Astronomia, desde o século XIX, já se especializava em áreas diferentes, como a Cosmologia e a Astrofísica, diferindo da Astronomia tradicional (de posição).

As descobertas e evoluções nos campos da Física e da Química, como os estudos sobre a eletricidade e o eletromagnetismo, a teoria atômica e a descoberta da radiação, diversificaram grandemente os campos de estudos científicos e abriram alas ao desenvolvimento da Astrofísica durante os séculos XVIII e XIX (CHASSOT, 2004; NEVES, 2011).

Durante o século XIX, a Geografia já ganhava um corpo de estudiosos conhecidos e se difundia nos sistemas de ensino. No entanto, manteve-se primordialmente ancorada com a visão de uma ciência naturalista, física e positiva (da filosofia positivista), até as primeiras grandes mudanças epistemológicas que ocorreriam no século XX. Houve, entretanto, isso é inegável, geógrafos de linhas diferentes durante todo o percurso antes e durante a institucionalização da Geografia que não alcançaram influência que pudesse causar movimentos de grande envergadura no meio acadêmico.

⁵ Era comum astrônomos ligados a nobreza e as monarquias serem requeridos para produzirem “horóscopos”, como na ocasião do nascimento de uma criança.

⁶ Os conhecimentos em Geografia eram muito variados e dispersos até o século XVIII. A nova disciplina nasceu eivada de aspectos descritivos, naturalistas e territoriais, precedida pelos estudos de Ratzel, Ritter e Humboldt. Conveio a Alemanha e França inaugurarem suas primeiras disciplinas, se opondo no campo teórico entre deterministas e possibilistas, sofrendo, a Geografia, desde cedo, de cisões e dualidades. Recomendamos algumas obras importantes que tratam do período de institucionalização da Geografia e de seu advento científico: Lacoste “A Geografia, isso serve, em primeiro lugar, para fazer a Guerra” (2001); Santos “Por uma Geografia Nova” (2001); Gomes “Geografia e Modernidade” (2003).

2.5 Do século XX a atualidade: os subcampos da Astronomia e as diversas orientações da Geografia

Seria difícil desse ponto em diante (século XX) relacionar estritamente a Geografia e Astronomia sem dizer de “qual Astronomia” ou de “qual Geografia” estamos falando. Também seria uma tarefa dispendiosa compensar nas páginas a série de descobertas na Astronomia que ocorreram no século XX e interpretar como cada qual poderia ou não ter influenciado a Geografia e as demais ciências. Esse fato se confirma ao verificarmos que a fragmentação das ciências e as mudanças epistemológicas foram tantas que acabaram por afastar grandemente os assuntos estudados pelos geógrafos dos assuntos estudados pelos astrônomos: os primeiros se aproximavam da sociologia e da antropologia enquanto os segundos já eram a tempos estudiosos da física e da matemática. Duas grandes contribuições que não podemos ignorar para a ciência no século XX é a Teoria da Relatividade Geral (1915) de Albert Einstein (1879-1955), que foi um marco revolucionário para os anos seguintes de pesquisa em Física e Astronomia, e, em vários campos do conhecimento, criando novas noções para o entendimento do funcionamento da gravidade, e transformando o tratamento da física sobre espaço e tempo; e os estudos de Edwin Powell Hubble (1889-1953), que conseguiram obter a prova de que o universo era muito mais longínquo do que as fronteiras da Via-Láctea, além de contribuir com dados sobre o desvio do brilho das galáxias para o espectro vermelho (*redshift*), que indicavam que o universo poderia estar em expansão, compondo um dos argumentos mais fortes para a teoria da Grande Explosão (*Big Bang*) para a origem do universo (NEVES, 2011).

O Século XX foi palco de duríssimas guerras e de um desenvolvimento tecnológico imprescindível. Nesse século o desenvolvimento da Astronáutica culminou no lançamento de satélites na órbita terrestre, da chegada do homem à Lua e no início da exploração do Sistema Solar por sondas e robôs. A popularização da Astronomia e da Astronáutica foi recorrente durante e depois da corrida espacial empreendida por Estados Unidos e a extinta União Soviética, como demonstram alguns comentários de Sobreira (2005)⁷.

A Geografia conheceu já durante e depois o período dos conflitos mundiais movimentos que ensejaram grandes mudanças epistemológicas, diversificando-se em tradicional, neo-positivista, crítica, cultural, fenomenológica, entre outros cunhos. No sistema de ensino em alguns países, entre eles o Brasil, havia ainda uma boa aproximação entre a Astronomia e a Geografia. Essa relação foi enfraquecendo no decorrer do século seguinte, devido às orientações políticas e epistemológicas que a disciplina tomou nos sistemas de ensino.

Chega-se a um final de século XX a duas ciências super-diversificadas e constantemente inquiridas sobre seu verdadeiro caráter de estudo: das explicações de caráter geral sobre o universo e sua ordem chegamos à várias explicações sobre cada mínima parte conhecida do universo e nossa relação com este todo.

⁷ “Nos anos 70, os livros didáticos de Geografia se limitavam a expor textos descritivos e mnemônicos sobre missões espaciais [...]” (SOBREIRA, 2005, p. 65). “Os temas astronômicos/cosmográficos persistem até hoje nos livros didáticos de Geografia [...]” (SOBREIRA, 2005, p. 66). “A conquista do Espaço Sideral se tornou um fato importante na Guerra Fria. Ela serviria como propaganda para mostrar a todos os países a superioridade científica, técnica e econômica de cada uma das superpotências” (SOBREIRA, 2005, p. 200).

O advento das explorações espaciais e a presença do homem no espaço extraterrestre nos fazem indagar que ciência possui os ferramentais para explicar a relação do ser humano com o que há fora da Terra. Qual o peso dessas relações para nossa sociedade aqui neste planeta? Quais interferências têm a tecnologia espacial em nossas vidas? Quais as previsões para as futuras explorações espaciais? São respostas que procuramos na Astronomia ou na Geografia? Nosso tempo lança essa nova pergunta.

Percorremos esta longa reprise histórica para resgatar as raízes da relação entre a Astronomia e a Geografia. Podemos notar que conforme a ciência especializava-se essas duas ciências tendiam a se tornar afastadas. Porém essa relação continuou sendo expressa no sistema de ensino brasileiro seguindo a influência europeia no meio educacional.

Ao analisar a relação da Astronomia no ensino, procura-se justamente contribuir para uma consciência no ensino mais próxima da ciência que do senso comum, longe da sensação de “afastamento” que se tem ao tratar dessa ciência, como se sua preocupação estivesse somente com o que está além do nosso alcance, entre as galáxias e as estrelas. Nosso percurso histórico já demonstrou como a Astronomia sempre foi vetor de mudanças importantes para a ciência e para a sociedade. Nosso novo objetivo agora é demonstrar sua presença no ensino, particularmente no ensino de Geografia, e como isso se deu até os dias atuais.

3 Ensino de Astronomia e sua influência nos conteúdos curriculares da disciplina de Geografia

Abordaremos primeiramente como se deu a inserção e o desenvolvimento do ensino de Astronomia no Brasil, como matéria isolada ou temática integrante da disciplina de Cosmografia, em programas de Ensino Básico e no Ensino Superior. No segundo tópico versaremos sobre os legados do ensino de Astronomia para a disciplina escolar de Geografia.

3.1 Ensino de Astronomia no Brasil

Inicialmente, temos que a tradição dos povos habitantes do continente americano já trazia consigo conceitos de Astronomia, repassados de geração em geração, como conhecimento oral e práticas culturais. Desse modo:

[...] embora a preocupação com a pesquisa sobre o ensino da Astronomia em território nacional tenha se intensificado nos últimos anos, a literatura da área indica que o seu ensino não é tão recente, remontando a algum tempo antes da chegada dos colonizadores ao país (LANGHI; NARDI, 2009a, p.1).

Langhi e Nardi (2009a) comentam que o ensino de Astronomia fazia parte da formação empreendida pelos padres Jesuítas em suas missões no Brasil. Segundo Moraes (1984 *apud* LANGHI; NARDI, 2009a, p. 2) “desde a fundação da Companhia de Jesus, muitos dos seus membros deram suas contribuições para a Astronomia e o seu ensino [...]”. Nesse cenário temos que os padres jesuítas foram:

No Brasil, foram os primeiros mestres, sobretudo a partir da “escola de ler e escrever” que fundaram na Bahia em 1549 e mais tarde com o desenvolvimento rápido do seu ensino, criando os “colégios”, onde a Astronomia, embora não fizesse parte do currículo, era ensinada no país por alguns professores versados nessa área (LANGHI; NARDI, 2009a, p. 2).

Segundo Cobra (2011 *apud* LEITE *et. al.* 2014), alguns temas de Astronomia eram ensinados no chamado nível secundário, constituinte do *Ratio Studiorum*, o plano de estudos estabelecido pelos padres jesuítas, nos três anos do curso de Filosofia e Ciências. Leite *et. al.* (2014, p. 548) supõe que se tratava principalmente de ensino de astronomia de posição, baseado no sistema ptolomaico, “abordando orientação e coordenadas celestes com finalidade de determinação cartográfica e navegação pelo uso de instrumentos”.

Após a expulsão dos Jesuítas em 1759, o ensino se baseou em um sistema de matrículas em aulas isoladas, as chamadas aulas régias (BRETONES, 1999). Para o século XIX surgiram algumas mudanças importantes que promoveriam, ao menos pontualmente, algum avanço e difusão no campo de ensino de Astronomia.

A partir de 1808, quando a Família Real mudou -se para o Brasil, súbitas transformações ocorreram na capital, dentre as quais, a construção em 1809 de um observatório para uso da Companhia dos Guardas-Marinha (MORAES, 1984). Entre os cursos superiores formados por Dom João VI, os que se relacionam com Astronomia eram os da Academia da Marinha (1808) e da Academia Real Militar (1810), ambos no Rio de Janeiro. O primeiro livro texto de Astronomia publicado no Brasil aparece em 1814, para o uso dos alunos da Academia Real Militar escrito por Manoel Ferreira de Araújo Guimarães, autor de muitos outros trabalhos (MORAES, 1984 *apud* LANGHI; NARDI, 2009a, p. 3).

Na Educação Básica um marco importante foi a criação do Colégio Pedro II, estabelecido como modelo para a educação pública e privada, seus programas de ensino tiveram influência sobre as escolas secundárias até os anos iniciais da República (LEITE *et. al.*, 2014). Nos programas disciplinares do colégio já eram presentes conteúdos de Astronomia em várias disciplinas. Em consulta Housome *et. al.* (2010) encontramos um quadro de disciplinas ofertadas pelo colégio Pedro II, que possuíam em seu programa, conteúdos de Astronomia. Esse quadro será apresentado no próximo tópico, adaptado no Quadro 1, apresentado com apenas algumas alterações estéticas que o diferem do original.

No início da República deu-se a criação da Escola Politécnica de São Paulo, em 1893. Na Escola Politécnica “começaram a funcionar os primeiros cursos regulares de Astronomia [...]” que até chegaram a contar “[...] um pequeno observatório localizado na Praça Buenos Aires, destinado a atividades de ensino com os alunos” (LANGHI; NARDI, 2009a, p. 4).

Nos séculos seguintes a Astronomia continuou presente em algumas disciplinas do ensino primário, secundário e superior, e em alguns manuais de ensino. Particularmente, na disciplina de Cosmografia, conhecimentos relacionados a Astronomia continuavam a ser ensinados até a década de 30 (SOBREIRA, 2005). Porém, não havia um curso específico de graduação em Astronomia, situação que mudaria somente em 1958, com a criação do primeiro curso de graduação, na chamada Universidade do Brasil (LANGHI; NARDI, 2009a).

Porém, importante ressaltar que o ensino de Astronomia continuou bastante restrito por mais algumas décadas até surgirem novos cursos de graduação e pós-graduação em Astronomia e Astrofísica. Atualmente várias instituições de ensino superior no país oferecem cursos com tópicos em Astronomia. Contamos com dois cursos de graduação em Astronomia no país: pela USP, em São Paulo, e no Observatório do Valongo (UFRJ), Rio de Janeiro. Há uma relativa quantidade de cursos de pós-graduação em Astronomia, Astrofísica e subáreas.

Destaca-se também o papel que Observatórios e Planetários têm nas ações de ensino e divulgação científica da Astronomia para o público em geral. A Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA), promovida com apoio de vários setores de pesquisa no Brasil, tem promovido desde a década de 90, a difusão e o estímulo ao estudo da Astronomia e da Astronáutica no Ensino Básico brasileiro.

3.2 Inserção de conteúdos de Astronomia na Educação Básica e na disciplina de Geografia no Brasil

Sobre a influência da relação entre a Geografia e a Astronomia no Ensino Básico consultamos principalmente a tese de Sobreira (2005) intitulada “Cosmografia Geográfica, A Astronomia no Ensino de Geografia”. Na tese de doutorado o autor trata da questão histórica da relação entre a Geografia e a Astronomia e aborda sua influência no Ensino Básico, propondo que se resgate, no ensino de Geografia, essa relação, através da criação de um novo campo de estudo na Geografia. Assim ele define o conceito principal de sua tese:

A Cosmografia Geográfica é um campo de estudo da Geografia, cujo conjunto de conhecimentos e habilidades é predominantemente escolar. Estuda a interface entre os conhecimentos terrestres e os celestes e lhes atribui significância geográfica. Analisa as relações humanas e naturais com o Espaço Sideral e suas consequências para a sociedade e a natureza e, portanto, para a organização do espaço. (SOBREIRA, 2005, p.74).

Não pretendemos adotar a proposta de Sobreira neste estudo, no entanto, compreende-se que o estudo que o conceito de Cosmografia Geográfica, proposta pelo autor, constitui bases de interesse para a pesquisa.

Analisando como se deu essa relação da Cosmografia e da Astronomia no sistema educacional brasileiro, Sobreira (2005) aborda sobre como a inserção de temas astronômicos e cosmográficos nos currículos de ensino foi influenciada pela filosofia positivista, de August Comte, e, pelo modelo cartesiano, de René Descartes. Segundo o autor:

A proposta positivista enciclopedista para os estudos científicos, que dava destaque à Astronomia como a segunda ciência fundamental e cuja ordem de estudos supõe o progresso histórico, portanto, do Mundo para o Homem, influenciou a educação geral europeia e brasileira nos séculos XIX e XX (SOBREIRA, 2005, p. 56).

Historicamente, no Brasil, o modelo positivista e cartesiano de currículos de ensino foi implantado através da influência europeia na educação brasileira. Segundo Sobreira (2005), já no século XIX, existia no Imperial Colégio Pedro II, no Rio de Janeiro, o ensino da disciplina de Cosmografia, associado ao ensino de Astronomia,

porém com caráter de ciência matemática. Essa presença da Astronomia, através do ensino de Cosmografia, no século XIX, foi um fator importante da inserção de temas astronômicos no ensino de Geografia, mais tarde, no século XX. Encontramos um quadro elaborado por Hosoume *et al.* (2010) que apresenta os diferentes programas escolares do Colégio Pedro II e as principais disciplinas que apresentavam conteúdos de Astronomia. Verificamos como muitas vezes a Geografia se apresentava como matéria isolada ou associada a Cosmografia. Segue o quadro de Hosoume *et al.* (2010) adaptada no Quadro 1:

PROGRAMA	ANO/SÉRIE	DISCIPLINAS
1850	7°	Cosmographia e Chronologia, Physica e Chimica
1856	-	-
1858	5°/6°/7°	Physica
1862	1°/3°	Geographia
	4°	Geographia e Cosmographia
	5°	Noções de Physica e Chimica
1877	1°	El. Geographia e Aritmetica
	6°	Physica e Chimica, Cosmografia
1879	5°	Physica e Chimica, Cosmographia
1882	1°	Noções de Geographia
	3°	Geographia
	4°	Geographia e Cosmographia
	5°	Physica e Chimica
1892	1°	Geographia Physica e Astronomia
	2°/3°/4°	Geographia
	5°	Physica
1893	1°/2°/4°	Geographia
	5°	Physica
1898	1°	Geographia
	4°	Geographia
	5°	Physica e Chimica
	6°	Mecânica e Astronomia
	7°	Physica e Chimica
1912	1°/3°	Geographia
	5°/6°	Physica e Chimica
1915	1°/2°	Geographia
	4°	Physica e Chimica
1926	1°	Geographia
	4°	Physica
	5°	Cosmographia
1929	1°	Geographia
	4°	Physica
	5°	Cosmographia
1931	1°	Geografia
	2°	Ciências Físicas e Naturais
	4°	Física
1942	1° G	Geografia Geral
	1° C	Geografia
	3° C	Física
1951	1° G	Geografia Geral
	1° C	Geografia Geral
	3° C	Física

Quadro 1 - Disciplinas com conteúdo de Astronomia nos programas do Colégio Pedro II, de 1850 a 1951.

Fonte: Hosoume *et al.* (2010, p. 195) com adaptações.

Ao fazer uma análise simples do quadro apresentado é possível perceber uma frequência dominante das disciplinas de Geografia, Física e Química. Em alguns programas há disciplinas que aparentam possuir tópicos especializados ou se fazem muito próximas a uma proposta de disciplina de Astronomia, como em 1862, “*Geographia e Cosmographia*”, 1892, na matéria “*Geographia Physica e Astronomia*”, 1898 “*Mecânica e Astronomia*” e a matéria de “*Cosmographia*”, que aparece em 1850, 1877, 1879, 1882 e reaparece em 1926 e 1929. Nota-se como a Geografia aparece em grande parte dos programas de ensino e algumas vezes até associada a Cosmografia ou Astronomia. Outro ponto de interesse é que após o início dos anos 30 acontece o desaparecimento da Cosmografia e a frequência de temas de Astronomia dominante em Geografia e Física, o que não aconteceu por acaso, como vemos a seguir.

Sobreira (2005) trata da mudança no sistema educacional no Brasil nos anos 30 promovida pela reforma Campos, responsável pela mudança verificada acima. Dentre as mudanças deste período, houve a criação do Ministério da Educação e da Saúde Pública, cuja cadeira foi ocupada por Francisco Luís de Silva Campos, entre 1930 e 1932, responsável pelo fim curricular da disciplina de Cosmografia, como consequência das atitudes advindas do rompimento com o período anterior. Tal fato se deu em 1931, quando o Ministro Campos organizou, por meio de decretos, uma reforma pedagógica do ensino secundário e da legislação das futuras universidades brasileiras, denominada “Reforma Campos”.

Dentre eles há o Decreto nº 19.890 de 18 de abril que no artigo 75º estabeleceu: “As atuais cadeiras de Cosmografia e Filosofia, ficam transformadas, respectivamente, em cadeiras de Geografia e de Psicologia e Lógica” (SÃO PAULO, 1931 *apud* SOBREIRA, 2005, p. 60). Admitindo que os conteúdos ensinados em Geografia abarcaram temas da Cosmografia a partir dos anos 30, os conteúdos desenvolvidos para serem trabalhados em sala a partir de então tomaram consigo essa herança.

Leite *et al.* (2014) descrevem que após a década de 40 houve sensível redução dos temas de Astronomia no Ensino Básico devido a Reforma Capanema, de 1942. Já Sobreira (2005) descreve a reforma e ainda complementa indicando a situação da Geografia quanto aos conteúdos da antiga disciplina de Cosmografia, muito próxima a Astronomia.

Durante o período autoritário do Estado Novo de Getúlio Vargas, o Ministro Gustavo Capanema, que dirigiu a educação nacional entre 1934 e 1945, publicou em 1942, as Leis Orgânicas do Ensino compostas por seis decretos e, posteriormente, por portarias ministeriais, que se constituiu na “Reforma Capanema”. Em seguida, o Ministro Raul Leitão da Cunha, que governou entre 1945 e 1946, complementou esta reforma por meio de portarias ministeriais. As ações mais interessantes desta reforma pedagógica em duas gestões ministeriais foram a separação da Geografia Geral e a Geografia do Brasil, que se tornaram disciplinas autônomas e a determinação de quais temas cosmográficos deveriam ser abordados pelas cadeiras de Geografia [...] (SOBREIRA, 2005, p. 62-63).

Sobreira (2005) apresenta duas portarias ministeriais com os principais tópicos a serem abordados na cadeira de Geografia que tenham cunho cosmográfico (interpretado aqui como próximo a Astronomia). Em Geografia Física e Humana, em uma portaria de 1942, na primeira série, aparece temas como “A Terra no espaço”,

“Idéia do Universo”, “O Sistema Solar”, “A Terra e a Lua: forma, dimensões, movimentos” (BRASIL, 1942 *apud* SOBREIRA, 2005). Para o curso ginásial, segundo uma portaria ministerial de 1945, em Geografia Geral, para a primeira série, aparece “Unidade I – O Sistema Solar: 1. Seus elementos e suas leis. 2. A Lua e os eclipses. 3. A Terra; dimensões, movimentos”, também “Unidade IV – [...] 2. O fenômeno das marés”. E para a terceira série, em Geografia do Brasil, “Unidade I – A Posição Geográfica do Brasil [...] 2. O fator posição astronômica aplicada no Brasil” (BRASIL, 1945 *apud* SOBREIRA, 2005, p. 63). Pela portaria 966 de 1951, do Ministério da Educação e Saúde, é atribuída a Geografia os mesmos tópicos da portaria de 1945 para a 1ª série do Curso Ginásial, e, os tópicos “Formas e dimensões da Terra”, “Os movimentos da Terra e suas consequências” e “A Lua” para a 1ª série do Curso Clássico e Científico (BRASIL, 1951 *apud* SOBREIRA, 2005).

Os conteúdos próximos a Astronomia permaneceram em Geografia nos temas abordados nos livros didáticos e nos currículos escolares durante o restante do século XX e na atualidade, como afirma Sobreira:

Os temas cosmográficos indicados pelos decretos e pelas portarias ministeriais para os cursos comercial, ginásial, colegial, clássico e científico das décadas de 30, 40, e 50 permaneceram nos livros didáticos brasileiros de Geografia por todas as décadas do século XX até os dias atuais (SOBREIRA, 2005, p. 62-63).

Atualmente, depois de um período de popularização dos temas de Astronomia no Ensino Básico (tópico abordado a seguir), vemos um distanciamento do ensino de Geografia dos temas de cunho astronômico, perdendo alguns de seus conteúdos para o ensino de Ciências, como prevê algumas orientações curriculares.

3.3 A difusão e popularização da Astronomia no ensino de Geografia

Langui e Nardi (2009b) embora reconheçam as controvérsias em torno do termo *popularização* a partir da leitura do trabalho de Marantino *et al.* (2004)⁸ consideram que para a Astronomia “seu objetivo vai além da divulgação, pois considera as necessidades e expectativas de seu público-alvo, focando a dimensão cultural desta ciência” (LANGHI; NARDI, 2009b, p. 3). Os mesmos autores citam Gouvêa (2000) para diferir entre *popularização* e *difusão/disseminação*:

Para Gouvêa, o uso do termo *popularização* parece ser mais apropriado quando se leva em conta as concepções do público-alvo ao se realizar uma transposição didática de saberes científicos, tornando este termo, portanto, mais amplo do que o uso de *divulgação, disseminação ou difusão*, os quais parecem denotar uma via de mão única, partindo dos cientistas e atingindo o povo, sem consulta prévia (GOUVÊA, 2000 *apud* LANGHI; NARDI, 2009b, p. 1, grifo nosso).

Tanto em Geografia como em outras disciplinas do Ensino Básico alguns processos históricos e econômicos fomentaram uma maior difusão e popularização de

⁸ MARANDINO, M.; SILVEIRA, R. V. M.; CHELINI, M. J.; FERNANDES, A. B.; RACHID, V.; MARTINS, L. C.; LOURENÇO, M. F.; FERNANDES, J. A.; FLORENTINO, H. A. A Educação Não Formal e a Divulgação Científica: o que pensa quem faz?. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 4., Bauru, 2004. *Atas ...*, Bauru, 2004.

temas de Astronomia. Uma influência que trouxe a presença de temas da Astronomia e da Astronáutica para as aulas de Geografia foi a corrida espacial empreendida durante a Guerra Fria, culminando, em 1969, na chegada do homem à Lua. Sobreira (2005, p. 65) se refere a esse período como a Era da Astronáutica e acrescenta nos parágrafos seguintes: “Nos anos 70, os livros didáticos de Geografia se limitavam a expor textos descritivos e mnemônicos sobre missões espaciais e a lista de nomes de astronautas que haviam pisado na Lua”.

Graças a esse investimento massivo em missões espaciais, empreendido pelas principais potências mundiais durante a Guerra Fria, o imaginário popular, e a divulgação científica, desencadearam, no meio escolar, uma maior difusão e popularização da Astronomia no ensino de algumas disciplinas. A Geografia não escapou desse processo, que se refletiu nos livros didáticos e nos conteúdos ensinados em sala de aula.

Com a entrada do Brasil na indústria Aeroespacial e na era de comunicações via satélite, os aparelhos públicos investiram em meios de divulgação científica, bem como, de ferramentas de popularização da Astronomia no sistema educacional brasileiro. Entre as experiências realizadas nesse sentido um exemplo é a realização da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA), nas escolas públicas brasileiras, desde 1999. Essa atividade acontece anualmente e conta com apoio de órgãos de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia espacial em nível nacional, como o INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial) e a AEB (Agência Espacial Brasileira). Langhi e Nardi (2009a) comentam a popularização da Astronomia em diversas esferas, se referindo ao começo do século atual:

Há algumas instituições oficiais que se empenham na educação em Astronomia, visando a formação profissional nesta área, além da capacitação do público, com projetos de extensão e divulgação, bem como a formação continuada de professores (LANGHI; NARDI, 2009a, p. 5).

Projetos de extensão e divulgação científica em Astronomia tem sido fomentados por diversos planetários e observatórios, estabelecidos em nosso país. Além de acolher o público esses estabelecimentos têm recebido alunos do sistema básico de ensino e servido de ferramenta pedagógica para disciplinas como Ciências e Geografia. Segundo Curran (1990), Barrio (2007) e Fraknoi (1990) *apud* Langhi e Nardi (2009a, p. 6) os “planetários são amplamente utilizados em diversos países e constituem-se em espaços de ensino, divulgação e cultura científica, proporcionando apresentações e aulas práticas sobre o universo para escolas, alunos, professores e população”. Até 2009, havia 93 observatórios espalhados pelo território nacional, sendo que, “a maioria dos observatórios públicos e de universidades oferecem cursos de curta duração em Astronomia e abrem as suas dependências para visitas” (LANGHI; NARDI, 2009a, p. 6).

Sobre o papel de instituições e associações ligadas a Astronomia no processo de popularização e ensino de temas astronômicos, Langhi e Nardi (2012) destacam o seu importante papel em diversos países. Langui e Nardi (2012) denotam a influência que essas organizações tiveram nos currículos oficiais desses países:

Uma breve análise sobre o contexto histórico da evolução da educação em astronomia em alguns países aponta para a profunda influência que associações, sociedades e grupos de pesquisa exercem sobre mudanças de programas e currículos escolares oficiais nacionais. [...] Daí, o importante papel das associações da área em promover mudanças e alterações no contexto nacional é exemplificado pela AAAS (American Association for the Advanced of Science), que desenvolveu o Project 2061 (em alusão ao próximo ano em que o cometa Halley mais se aproximará da Terra), cujo objetivo é o ensino interdisciplinar das ciências e matemática em todos os níveis de todas as escolas dos EUA (LANGHI; NARDI, 2012, p.87-88).

O autor aborda diversos outros exemplos, citando países como Alemanha, Itália, Reino Unido, México e Japão. O conteúdo dessas enumerações passa o objetivo desse tópico, por isso nos deteremos só a mais comentário utilizando o cenário internacional.

O comentário citado é sobre a importância de políticas internacionais para o ensino de Astronomia. Em consulta a Langui e Nardi (2012) observa-se que em décadas passadas ocorreram encontros internacionais específicos sobre o tema. Um encontro ocorreu em 1988, nos EUA, e outro em 1996, no Reino Unido. Recentemente, em 2007, ocorreu o *Hands-on Symposium on Teaching Introductory Astronomy*, Califórnia, EUA, que discutiu temas importantes para o quadro atual do ensino de Astronomia (LANGHI; NARDI, 2012, p. 86).

Os temas de Astronomia continuaram, portanto, como herança de uma nova era de descoberta e explorações científicas, bem como uma herança da influência europeia na educação brasileira nos livros didáticos de Geografia. Com as adaptações curriculares atuais, no entanto, a Geografia vem perdendo temas de Astronomia em sua base curricular, deixando para o ensino de Ciências a responsabilidade sobre esse tema (como comentaremos adiante). Mesmo havendo espaços de divulgação da Astronomia e campos de abordagem de interesse da Geografia na popularização da ciência astronômica, há uma redução desses conteúdos em Geografia, significando uma perda de campos de estudo e discussão importantes para o ensino dessa disciplina. Ainda assim, as possibilidades de se estabelecer pontes entre essas duas ciências no ensino de Geografia pode ser uma notável ferramenta de reforço a temas genuinamente geográficos, fato corroborado por vários estudos, como a tese de Sobreira (2005), citada diversas vezes neste trabalho.

3.4 Regresso no ensino de Astronomia no Brasil

Dos Parâmetros Curriculares Nacionais para a Educação Básica aos diversos documentos estaduais vê-se uma diminuição progressiva da relação interdisciplinar da disciplina de Geografia, presente também na relação com a Astronomia, perante a perda de temas para outras disciplinas e o foco em conteúdos segundo a mercê política e ideológica de cada estado da federação. Observamos por exemplo nas Diretrizes Curriculares para a Educação Básica do estado do Paraná (2008), em uma análise preliminar, o enfoque em conteúdos históricos e econômicos e detrimento de conteúdos de relação interdisciplinar com Astronomia, Geologia, Biologia e outras ciências naturais e físicas. O próprio DCE de Geografia, ao tratar das dimensões do espaço geográfico, cita que a dimensão socioambiental “não constitui mais uma linha teórica dessa disciplina” (PARANÁ, 2008, p. 72).

Atualmente vem sendo discutida a nova Base Nacional Curricular Comum. O novo documento já vem apresentando propostas que enfatizam o ensino de disciplinas como Matemática e Língua Portuguesa e minimiza o ensino de disciplinas como Geografia e História, que seriam todas substituídas por novos eixos de abordagem de características generalizantes. O intuito é tentador quando se pensa em economizar recursos, mão de obra e tempo, porém, é mais uma investida contra a educação pública, um ato de banalização dos conteúdos de Geografia e uma séria ameaça contra as relações interdisciplinares no ensino. Segundo Cunha:

É possível compreender a BNCC como um documento que surge para atender a uma demanda, a saber, a fixação de conteúdos mínimos para a educação básica, o que já estava previsto na Constituição Federal do Brasil no que se refere ao Ensino Fundamental, e mais tarde para o ensino médio, segundo o Plano Nacional de Educação. Outros documentos reforçam essa demanda, como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação, as Diretrizes Curriculares Nacionais e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's). Dessa maneira a BNCC estabelece uma conexão filial ou complementar com os documentos antecedentes (CUNHA, 2018, p. 2).

Outra proposta que vem sendo discutida a nível nacional é reforma que o poder executivo pretende empreender no Ensino Médio (EM), que também vem sendo marcada por intenções de priorizar certas disciplinas em detrimento de outras (entre as prejudicadas, a Geografia). As discussões vêm sendo direcionadas no sentido de preparar os alunos para o mercado profissional e desobrigar o ensino de algumas disciplinas para haver caminho para a implantação de áreas especializadas, de acordo com a escolha do educando.

O regresso no ensino de Astronomia parecia estar lentamente diminuído. Até mesmo as pesquisas em torno do tema registrado um pequeno aumento nos últimos anos (LANGHI; NARDI, 2012). Porém diante dos quadros de cortes orçamentários, congelamento de investimentos e reformas na Educação Básica todo o pequeno avanço empreendido parece estar indo “por água abaixo”.

4 Conclusões

A contextualização histórica que perpassa a relação entre os conhecimentos celestes e terrestres é muito rica, indo desde as referências mais antigas em arqueoastronomia até as mais atuais relações do ser humano com o espaço sideral. Há um grande apelo na obra de Sobreira (2005) para que a Geografia não deixe de lado essa relação que é histórica, constituindo campos de abordagens favoráveis ao implemento de pesquisas e discussões às duas ciências. Sobreira (2005) defende a criação de um campo específico dentro da Geografia aos temas que fazem intersecção entre a ciência geográfica e a Astronomia, chamando esse campo de “Cosmografia Geográfica”. Adotando ou não a tese do autor é importante pensarmos: que Geografia será essa que futuramente terá de dar conta das investidas humanas ao espaço sideral? Que ciência se ocupará de explicar nossas novas (e antigas) relações com espaço exterior e a futura transformação de espaços diferentes de nossa superfície e biosfera terrestre?

A devida abordagem de temas de Astronomia em aulas de Geografia não é só histórica como necessária pelo contexto atual e pungente das explorações espaciais e o crescimento das empresas de tecnologia espacial. A presença de temas astronômicos no ensino de Geografia não significa perder de vista os principais objetos de estudo dessa ciência, mas sim, ampliá-los em uma abordagem escalar ainda maior. De fato, quando discutimos paisagem, território e lugar, não nos damos conta que o tempo todo há céu nessa paisagem, territórios em pleno espaço sideral e o “céu de um lugar”, ou o céu do “meu lugar”, que talvez o aluno que venha de uma região com pouca interferência luminosa conheça bem. Acrescenta-se que os “temas astronômicos fornecem os elementos que completam o conjunto de fatores para a análise geográfica que interagem nos lugares [...]” (SOBREIRA, 2002, p. 30-31).

Foi possível destacar neste trabalho de cunho conceitual e bibliográfico alguns trechos de documentos e citar processos epistemológicos que dão algumas evidências da presença da Astronomia no ensino da disciplina de Geografia e de disciplinas anteriores que repassaram sua carga de conteúdos para a mesma. Contudo atualmente a Geografia está perdendo temas de Astronomia para outras disciplinas segundo algumas novas orientações curriculares. Isso nos leva a indagar que fatores levam a esse distanciamento. Para responder a essa indagação será necessária uma abordagem ainda mais profunda nos campos pedagógico, político e ideológico do ensino de Geografia e de outras disciplinas no Brasil. Nosso trabalho conduz, então, a novas perguntas, que poderão suscitar novas pesquisas e o aperfeiçoamento desta.

Referências

- BORGES, V. V.; JARDIM, R. P. B.; TEIXEIRA, C. H. S. Geografia e Astronomia: uma questão interdisciplinar. **Caminhos de Geografia**, v. 12, n. 38, p. 167-175, 2011.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental**. Brasília: MEC/SEF, 1998. 174 p.
- BRETONES, P. S. **Disciplinas introdutórias de astronomia nos cursos superiores do Brasil**. 1999. 187 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/287056>. Acesso em: 05 jun. de 2019.
- CAVALCANTE, M. B. A popularização da Astronomia no ensino da Geografia: uma experiência no Ensino Fundamental e Médio. **Revista Brasileira de Educação em Geografia**, v. 2, n. 4, p. 192-202, 2012.
- CHASSOT, A. **A ciência através dos tempos**. São Paulo: Moderna, 2004.
- CUNHA, L. A Geografia escolar e as temáticas físico-naturais na BNCC, desafios à prática docente e a formação de professores. **Itinerarius Reflectionis**, v. 14, n. 2, p. 01-18. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/rir/article/view/51587>. Acesso em: 05 jun. 2019.

GOMES, P. C. C. **Geografia e Modernidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

GOMES, P. C. C. **Quadros Geográficos: uma forma de ver, uma forma de pensar**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2017.

HOSOME, Y.; LEITE, C.; CARLO, S. D. Ensino de Astronomia no Brasil – 1850 a 1951 – um olhar pelo colégio Pedro II. **Revista Ensaio: Pesquisa em educação em Ciências**, v. 12, n. 2, 2010. Disponível em: www.scielo.br/pdf/epec/v12n2/1983-2117-epec-12-02-00189.pdf. Acesso em: 05 jun. 2019.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. Trad. Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 11. ed. Coleção: Debates. São Paulo: Perspectiva, 2011.

LANGHI, R.; NARDI, R. Educação em Astronomia no Brasil: Alguns recortes. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18., 2009. **Anais...** Vitória: Sociedade Brasileira de Física, 2009a. p. 1-11.

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

LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino da Astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 4, 2009b. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/314402.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2019.

LEITE, C.; BRETONES, P. S.; LANGHI, R.; BISCH, S. M. Astronomia na Educação Básica: O ensino de Astronomia no Brasil Colonial, os programas do Colégio Pedro II, os Parâmetros Curriculares Nacionais e a formação de professores. *In*: MATSUURA, O. T. **História da astronomia no Brasil**. Recife: Companhia Editora de Pernambuco, 2013. p. 543-586. Disponível em: http://site.mast.br/pdf_volume_1/ensino_astronomia_Brasil_colonial.pdf. Acesso em: 05 jun. 2019.

MOSCHETTI, M. Crises e Revoluções: a revolução copernicana segundo Thomas Kuhn. **Analecta**, v. 5, n. 1, p. 45-54, 2004.

NEVES, M. C. D. **Astronomia e Cosmologia: fatos e conjecturas**. Maringá: EDUEM, 2011.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes Curriculares Estaduais para a Educação Básica: Geografia**. 2008. Disponível em: www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_geo.pdf. Acesso em: 05 jun. 2019.

RANGLES, W. G. L. **Da Terra plana ao Globo Terrestre: uma mutação epistemológica rápida (1480-1520)**. Papirus: Campinas, 1994.

SANTOS, D. **A reinvenção do espaço: diálogos em torno da construção do significado de uma categoria**. UNESP: São Paulo, 2002.

SOBREIRA, P. H. A. **Astronomia no ensino de Geografia: análise crítica nos livros didáticos de Geografia**. Dissertação (Mestrado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

SOBREIRA, P. H. A. **Cosmografia geográfica**: a astronomia no ensino de geografia. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-21082006-225017/publico/tese.pdf. Acesso em: 05 jun. 2019.

Artigo recebido em 05/09/2018.

Aceito em 22/02/2019.

REPRESENTAÇÕES SOCIAIS DE ALUNOS DO FINAL DO ENSINO MÉDIO SOBRE ASTRONOMIA

*Adriano José Ortiz*¹

*Joici de Carvalho Leite*²

*Tânia do Carmo*³

*Michel Corci Batista*⁴

*Carlos Alberto de Oliveira Magalhães Júnior*⁵

Resumo: A astronomia faz parte do cotidiano da sociedade moderna, mesmo configurando-se como uma das ciências mais antigas. Todavia, no ambiente escolar ainda encontra diversas barreiras para sua implementação. Neste sentido, o presente manuscrito visou analisar as possíveis Representações Sociais partilhadas entre 24 alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma instituição pública, decorrentes de seus conhecimentos a respeito do tema indutor "astronomia". Os dados foram obtidos por meio do Teste de Associação Livre de Palavras e analisados mediante a abordagem estruturalista que acarretou na elaboração do quadro de quatro casas. De acordo com os resultados, é possível dizer que os estudantes compartilham Representações Sociais a respeito de astronomia, por apresentarem um discurso permeado de conceitos generalistas e afastado do universo reificado, sendo importante uma readequação com vistas à introdução do ensino de astronomia no decorrer de toda educação básica.

Palavras-chave: Ensino de Ciências; Astronomia; Senso comum; Associação livre de palavras; Núcleo Central.

REPRESENTACIONES SOCIALES DE ALUMNOS DEL FINAL DE LA ENSEÑANZA MEDIA SOBRE ASTRONOMÍA

Resumen: La astronomía forma parte del cotidiano de la sociedad moderna, aun constituyendo se como una de las ciencias más antiguas. Sin embargo, en el ambiente escolar todavía encuentra varias barreras para su implementación. En este sentido, el presente manuscrito pretendió analizar las posibles Representaciones Sociales compartidas entre 24 alumnos del tercer año de la Enseñanza Media de una institución pública, derivadas de sus conocimientos acerca del tema inductor "astronomía". Los datos fueron obtenidos por medio del Test de Asociación Libre de Palabras y analizados mediante el Enfoque Estructuralista que resultó en la elaboración del cuadro de cuatro casillas. De acuerdo con los resultados, es posible decir que los estudiantes comparten Representaciones Sociales respecto de la astronomía, por presentar un discurso impregnado de conceptos generalistas y alejados del universo concreto, resulta importante una readequación con miras a la introducción de la enseñanza de astronomía en el curso de toda Educación Básica.

Palabras clave: Enseñanza de Ciencias; Astronomía; Sentido Común; Asociación libre de palabras; Núcleo Central.

¹ Instituto Federal do Paraná, Ivaiporã, Brasil. E-mail: adriano.ortiz@ifpr.edu.br.

² Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil. E-mail: joicicarvalho@hotmail.com.

³ Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil. E-mail: taniadocarmo_@hotmail.com.

⁴ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Brasil. E-mail: michel@utfpr.edu.br.

⁵ Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil. E-mail: juniormagalhaes@hotmail.com.

SOCIAL REPRESENTATIONS OF STUDENTS AT THE END OF HIGH SCHOOL ON ASTRONOMY

Abstract: Astronomy is part of the daily life of modern society, even if it is one of the oldest sciences. However, in the school environment there are still several barriers to its implementation. In this sense, this paper aimed to analyze the possible Social Representations shared among 24 students in the last year of High School in a Brazilian public institution, deriving from their knowledge about the inductive theme "astronomy." The data were obtained through the evocation/word association test and analyzed using a structuralist approach which led the frame of four sectors. According to the results, we can say that the students share Social Representations about astronomy, for presenting a discourse permeated by generalist concepts and away from the reified universe. It is important a readjustment aiming to the introduction of astronomy teaching in the course of Basic Education.

Keywords: Science Education; Astronomy; Common Sense; Free association of words; Central Core.

1 Introdução

A astronomia é uma das ciências mais antigas existentes. Desde a Antiguidade já fascinava o homem, que buscava descrever o movimento dos astros e associava as regularidades celestes às atividades cotidianas da época.

Hoje, ela permeia a vida moderna de variadas formas, como: fases da lua, estações do ano, calendário, energia solar, desenvolvimento de tecnologia espacial (fraldas, câmeras digitais), além de inspirar diversas outras áreas do conhecimento (LANGHI, 2009). Os tópicos de astronomia estão presentes na nova Base Nacional Curricular Comum (BNCC) nos anos iniciais e finais do Ensino Fundamental, na unidade temática 'Terra e Universo' e no Ensino Médio, na competência específica 2 do eixo 'Ciências da Natureza e suas tecnologias' (BRASIL, 2018).

Por outro lado, ainda há uma incompreensão por parte da população a respeito da relevância da astronomia, ou de seus impactos no cotidiano. Tal situação se agrava quando consideramos que a sua abordagem nas escolas ainda enfrenta deficiências, e aparenta ser praticamente inexistente em aulas de ciências, em especial de Física (ALVES; ZANETIC, 2008; DARROZ *et al.*, 2014).

A aproximação com a astronomia acaba ocorrendo em ambientes informais ou não-formais de ensino, como pode-se observar quando é levado em conta as contribuições de clubes de astronomia amadora e planetários, como espaços para atividades e ações coletivas voltadas ao conhecimento astronômico (ALVES; ZANETIC, 2008; LANGHI; NARDI, 2009).

Entretanto, esses ambientes ainda não são amplamente difundidos no país, de forma que uma parcela da população acaba ficando restrita ao saberes apresentados no ambiente escolar, ou a informações apresentadas em mídias. Nesse contexto não nos cabe ignorar que como Darroz *et al.* (2014) identificaram, muitas concepções equivocadas a respeito de astronomia permanecem no decorrer da educação básica. Essas concepções podem compor saberes coletivos, de senso comum, denominadas Representações Sociais (RS).

A dificuldade em aproximar-se de conceitos de astronomia em ambientes de ensino, somada ao bombardeamento de informações a que se tem acesso atualmente, acaba fortalecendo o surgimento de RS como teorias do senso comum (MOSCOVICI,

2015), podendo influenciar no processo de aprendizagem dos alunos, haja vista que a resistência à mudança dessas RS cria uma situação desfavorável à construção de novos conhecimentos (HILGER; MOREIRA, 2016).

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo investigar as possíveis RS sobre astronomia apresentadas por alunos do 3º ano do Ensino Médio, do período noturno, de uma instituição da rede estadual de ensino da cidade de Maringá no estado do Paraná. Desta forma, foi possível desenvolver uma discussão a respeito da questão: ao chegar ao final dessa etapa de formação, os saberes a respeito de astronomia dos sujeitos investigados se aproximam do Universo Reificado, ou mantêm-se atrelada ao Universo Consensual das RS?

2 Aporte Teórico

2.1 A Astronomia no contexto escolar

O ensino de astronomia encontra diversas dificuldades para ser implementado no país; por outro lado é um tema instigador e presente no imaginário popular. Dessa maneira, é relevante que tal tema seja abordado ao longo da formação básica, considerando-se que muitas vezes essa será a única oportunidade que o discente terá de ter contato com essa instigante ciência.

Por ser tratar de uma área de conhecimento transdisciplinar, o ensino de astronomia deve ser pensado de tal maneira que contemple temas transversais, privilegiando assim, a interdisciplinaridade inerente à mesma, pois, por se tratar de um assunto que suscita a curiosidade dos estudantes, esta ciência também poderá ser utilizada como um fator que despertará o interesse do estudante para a construção de conhecimentos em outras disciplinas.

Além disso, conforme afirma Queiroz (2008), o ensino de astronomia pode ser usado como um fio condutor para a ciência, capaz de ampliar, viabilizar e colaborar para a apresentação e compreensão de conhecimentos científicos possibilitando uma formação crítica e reflexiva para a plena participação do cidadão, na sociedade em que vive.

Entretanto, é preciso considerar que autores como Leite e Hosoume (2003), Langhi e Nardi (2012), Batista *et al.* (2017) discorrem acerca da existência de erros conceituais, concepções espontâneas, mitos e dificuldades de ensino e aprendizagem nas discussões referentes à astronomia. Tal situação é agravada pela falta de formação específica e abstração do conteúdo, considerado muitas vezes distante do contexto dos alunos (LANGHI; NARDI, 2009; GONZATTI, 2013).

Gonzatti *et al.* (2013) fazem uma análise de vários aspectos relativos ao ensino de astronomia no Ensino Fundamental. No artigo elaborado pelas autoras, é possível identificar os temas mais trabalhados por professores em uma região do Rio Grande do Sul. Elas identificaram quatro temas estruturantes: Composição e características do sistema solar; Movimento e suas consequências no sistema solar; O universo e sua formação e em menor escala localização espacial. Se considerarmos os resultados de Langhi e Nardi (2010), esses temas se mostram genéricos e não abrangem todos os conceitos tidos como essenciais para o ensino de astronomia nessa etapa da formação.

Em sua pesquisa, Langhi e Nardi (2010) apresentam sete conceitos defendidos como essenciais para o ensino de astronomia nos anos iniciais do Ensino Fundamental: A forma da Terra; Campo gravitacional; Dia e noite; Fases da lua; Órbita terrestre; Estações do ano e Astronomia observacional. Gonzatti *et al.* (2013) defendem que esses conceitos seriam bons embasamentos também para os anos finais, se estendendo então por todo o Ensino Fundamental.

Os resultados de Gonzatti *et al.* (2013) são preocupantes, por convergirem para um cenário nacional, no qual a inserção de tópicos de astronomia na educação básica ainda é incipiente, além de haver uma falta de base conceitual e metodológica para abordagem do tema. Langhi e Nardi (2010) reforçam essa preocupação ao identificarem a persistência do que chamam de concepções alternativas dos docentes, que podem acarretar sérios erros conceituais durante as aulas. Ainda de acordo com os autores, a não compreensão de conceitos básicos pode oferecer resistência à aprendizagem de conceitos mais complexos.

2.2 A Teoria da Representação Social

A Teoria da Representação Social (TRS) despontou no ano de 1961 sob a ótica do psicólogo francês Serge Moscovici, que buscava entender como ocorria a elaboração das representações advindas dos saberes de senso comum (MOSCOVICI, 1978).

Machado e Aniceto (2010) ponderam que Moscovici pretendia através das RS compreender como o conhecimento é compartilhado, e como, no decorrer desse processo, um conhecimento dito científico acaba por ser disseminado como uma teoria de senso comum. Os autores relataram ainda, que Moscovici não via a TRS apenas como um método de cópia ou reprodução, mas sim, como a reconstrução de um conhecimento.

Nessa mesma linha de entendimento, é válido relatar a importância dos conhecimentos do dia a dia na contribuição do desenvolvimento da sociedade, onde é possível destacar que:

Ainda que diferentes do saber científico e tecnológico, esses saberes não são menos ‘sábios’ [...] Pela sua plasticidade e capacidade de adaptação eles se constituem através de processos de absorção e transformação de outras formas de saber, incluindo o conhecimento científico (JOVCHELOVITCH, 2011, p. 5-6).

De acordo com Abric (2001), as RS apresentam-se em dois níveis: os elementos que constituem o núcleo central e os elementos que constituem a periferia, intitulada teoria do núcleo central ou abordagem estruturalista. Os elementos do núcleo central são consensuais e passíveis de compartilhamento, por se tratarem de princípios já estabelecidos e difundidos, caracterizando personalidade de um determinado grupo, dando significado a RS. Por outro lado, os elementos que integram a periferia são considerados instáveis e susceptíveis a alterações e atualizações, tendo em vista que fazem o papel de proteção das ideias do núcleo central. Conforme apontam Magalhães Júnior e Tomanik (2012, p. 230) “identificar os elementos do núcleo central passa a ter relevância quando se pretende agir por meio de ações educativas para modificar representações e comportamentos de determinados grupos”.

Na prerrogativa de Moscovici (2015), todo conhecimento produzido no campo científico é denominado de universo reificado, já o conhecimento de senso comum difundido no cotidiano, é chamado de universo consensual, e pode acarretar na criação de RS.

Nesse sentido, Barbosa e Voelzke (2017) relatam que quando o núcleo central e os elementos periféricos são identificados, ou quando se descobre o universo consensual, torna-se mais simples compreender a interação entre os integrantes do grupo social e o objeto. Ainda de acordo com os pesquisadores, as RS no ensino de astronomia são passíveis de ocorrer, pois, em muitos casos a curiosidade, típica dos estudantes, acaba por ser sanada através de conversas informais.

Partindo dessas premissas, a escolha teórica pela RS leva em conta seu papel estruturante e político no processo de ensino e aprendizagem. É preciso tomar cuidado para que o ambiente formal de ensino não se transforme em um sistema elitizante, que visa à substituição e a desvalorização radical dos conhecimentos populares (TOMANIK, 2018).

Por outro lado, dada à natureza das RS, as mesmas podem se tornar um obstáculo para o processo de aprendizagem. Ortiz e Magalhães Júnior (2018) traçam paralelos entre os processos de construção de uma RS e de aprendizagem significativa, indicando uma complementaridade entre eles. Esse fenômeno é relevante, pois muitas vezes os professores podem apresentar RS sobre um determinado tema, e no desenvolver da aula os alunos podem construir novas RS sobre essas representações já apresentadas pelos seus docentes, ficando cada vez mais distantes do conhecimento científico.

Nesse sentido, o aprofundarmos na identificação e compreensão de RS no ambiente escolar pode contribuir com o processo de ensino e aprendizagem, oferecendo um ponto de partida para o ensino de um conteúdo, indicando elementos de contextualização ou atuando no processo de avaliação dos conhecimentos construídos.

3 Encaminhamento Metodológico

A constituição dos dados foi realizada junto a uma turma de 3º ano do Ensino Médio de um Colégio Estadual da cidade de Maringá no Estado do Paraná, Brasil, no período noturno. Participaram da pesquisa, 24 alunos com idades entre 16 e 25 anos. Todas as participações foram manifestações voluntárias e a coleta ocorreu no primeiro semestre do ano de 2017. Optou-se por uma investigação de natureza qualitativa, por ela abordar “[...] um universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos” (MINAYO, 1994, p. 21-22).

A escolha da turma pesquisada foi de ordem intencional, por se tratar da série final do Ensino Médio, do período noturno, região sul da cidade, dita como periferia. Outro fato que agregou à escolha foi porque um dos autores do artigo em questão já lecionou no Colégio e, portanto, tem conhecimento a respeito das lacunas formativas dos discentes.

O procedimento para a aquisição dos dados se deu mediante o uso da técnica de ‘Associação Livre de Palavras’ (SÁ, 1996; CARMO; LEITE; MAGALHÃES

JÚNIOR, 2017), em que cada aluno pesquisado recebeu uma folha indicando apenas o tema indutor “astronomia”; assim deveriam relatar as cinco primeiras palavras que recordassem relacionadas ao tema, em seguida categorizar as palavras anotadas do número 1 (um) até a de número 5 (cinco), sendo em ordem decrescente de importância. O propósito desse tipo de classificação é o de possibilitar reorganização na ordem das palavras evocadas (MAGALHÃES JÚNIOR; TOMANIK, 2012). Por fim, foi solicitado aos estudantes que descrevessem sucintamente, no espaço reservado no instrumento de constituição dos dados, sobre cada uma das palavras que anotaram.

De posse das informações, o procedimento de análise teve início com a distribuição das palavras evocadas em grupos de acordo com a semelhança semântica de cada uma, para assim identificar os elementos centrais e os elementos periféricos das possíveis RS, conforme Sá (1996), Naiff, Naiff e Souza (2009) e Magalhães Júnior e Tomanik (2012). Porém, para o estabelecimento dos elementos centrais e periféricos, fez-se uso de forma adaptada da equação de Ordem Média de Evocação (OME)⁶, proposta por Galvão e Magalhães Júnior (2016), a partir dos valores de Frequência Média (F) e da Média da Ordem Média de Evocação (OME), onde foi possível construir o quadro de quatro casas e assim definir por meio dos parâmetros definidos pela abordagem estruturalista do tipo prototípica, em qual quadrante cada grupo semântico se encaixaria.

A organização dos quadrantes foi realizada da seguinte forma: no primeiro quadrante situam-se as palavras evocadas que representam o núcleo central, assim, expressando as possíveis RS dos alunos do 3º ano acerca do tema astronomia. O terceiro quadrante é composto por elementos do núcleo das representações de alguns membros do grupo, entretanto eles não são compartilhados por todos. Já o segundo e o quarto quadrante representam as periferias das representações (HILGER; STIPCICH; MOREIRA, 2017).

4 Resultados e Discussão

Por meio da exploração dos dados, chegou-se a um total de 120 palavras evocadas, contudo, 18 foram excluídas por apresentarem frequência (f) igual a um, não sendo assim, expressivas para as análises das RS (FERREIRA *et al.*, 2005; TEIXEIRA; BALÃO; SETTEMBRE, 2008; MAGALHÃES JÚNIOR; TOMANIK, 2013). Neste cenário, foi possível constituir 19 grupos semânticos; a média da OME foi de 2,9 e a frequência média (F) de 5,4, dados que colaboraram para arquitetar os quadrantes retratados no Quadro 1.

⁶ Inicialmente, calcula-se a frequência do grupo $\sum f$: (em que f = frequência); em seguida, a ordem média de evocação (ome), usando-se $\sum G/f$: (em que G = grau de importância; f = frequência do grupo); logo após, a Média das Frequências (F): $\sum f/GS$ (em que f = frequência; GS = quantidade de grupos semânticos); e, por último, a média das Ordens Médias de Evocação (OME): $\sum ome/GS$ (em que ome: Ordem Média de Evocação; GS: Quantidade de grupos semânticos).

Elementos Centrais - 1º quadrante			Elementos Intermediários - 2º quadrante		
Alta F e baixa Ordem Média de Evocações $F \geq 5,4$ e $OME < 2,9$			Alta F e alta Ordem Média de Evocações $F \geq 5,4$ e $OME \geq 2,9$		
Grupo semântico de palavras	f	ome	Grupo semântico de palavras	f	ome
Universo/Espaço	16	2,6	Estrelas	14	3,1
Astronauta/Astrônomo	6	2,8	Sol	11	2,9
Planetas	6	2,2	Lua	8	4,0
			Galáxia	7	3,7
Elementos Intermediários - 3º quadrante			Elementos Periféricos - 4º quadrante		
Baixa F e baixa Ordem Média de Evocações $F < 5,4$ e $OME < 2,9$			Baixa F e alta Ordem Média de Evocações $F < 5,4$ e $OME \geq 2,9$		
Grupo semântico de palavras	f	ome	Grupo semântico de palavras	f	Ome
Ciência	5	2,6	Foguete	4	4,2
Atmosfera	4	2,7	Signos	2	4,5
Gravidade	4	2,5	Fenômeno natural	2	3,5
Estudos	5	2,8	Meteoro	2	3,5
Comida	2	1,0	Fases da lua	2	3,0
Astros	2	2,0			

Quadro 1 – Quadro de quatro casas referente às palavras evocadas pelos alunos do 3º ano do Ensino Médio a respeito do tema indutor “astronomia” (n = 24).

Fonte: Quadro elaborado pelos autores.

Diante deste quadro, há indícios de que o núcleo central das RS destes alunos é formado por conceitos relativos a “Universo/Espaço”, “Astronauta/Astrônomo” e “Planetas”. As respostas dos alunos (A) a seguir, exemplificam alguns significados dados a esses grupos.

Universo/Espaço:

Tudo se encontra no universo (A1).

Onde vivem nossos planetas e estrelas (A9).

Astronauta/Astrônomo:

O astronauta estuda a galáxia e a observa fisicamente (A9).

Astrônomo estuda a ciência dos astros (A14).

Planetas:

Porque a Astronomia estuda planetas e etc. (A8).

Pois é uma das coisas que compõem o espaço (A10).

Nota-se no discurso dos alunos um distanciamento a respeito dos conteúdos apresentados como fundamentais para astronomia desde os anos iniciais do Ensino Fundamental. Dos sete conceitos propostos por Langhi e Nardi (2010), como sendo fundamentais por estarem presentes no ensino de astronomia, nenhum é diretamente evidenciado no discurso dos discentes, sendo que esses se encontram no último ano do Ensino Médio.

Esse resultado é significativo quando o papel do núcleo central é considerado nas RS. Conforme aponta Abric (2001), os elementos ali presentes são os mais estáveis, garantindo a continuidade em contextos móveis evolutivos. São esses elementos que organizam e dão sentido à RS.

A análise não se ameniza mesmo olhando para as demais casas do quadro, que representam a primeira periferia (segundo quadrante), um “sub-núcleo” (terceiro quadrante) e a segunda periferia (quarto quadrante) (HILGER; STIPCICH; MOREIRA, 2017). Como exemplo, vejamos os termos do segundo quadrante.

As palavras “estrelas”, “Sol”, “Lua” e “galáxia” à primeira vista parecem estar de acordo com os conceitos indicados por Langhi e Nardi (2010), porém quando as explicações para esses termos são analisadas, encontram-se os seguintes exemplos de afirmações:

Estrela: brilha ao torno do céu apenas a noite deixando o céu bem estrelado (A5).

Lua: É uma estrela e tem várias fases: cheia, nova, minguante, crescente (A6).

Afirmativas semelhantes são encontradas na maior parte das evocações, sejam referindo-se à Lua como uma estrela, ao Sol como a maior estrela do universo ou a galáxia como um lugar onde todas as coisas estão.

Os conceitos que surgem na segunda periferia também são abstratos e gerais, como “fenômeno natural”, “foguetes” e até mesmo “signos”. Tais dados indicam um afastamento dos saberes de conteúdo destes alunos relativos à astronomia e em relação ao Universo Reificado. A área de conhecimento “astronomia” é confundida com “gastronomia” e mesmo com a pseudociência “astrologia”.

Diante deste cenário, é preocupante a pouca atenção dedicada à astronomia nos ambientes formais de ensino. Tal situação passa por vários fatores, desde a falta de formação docente, ausência de materiais didáticos específicos nas escolas e falta de orientação em documentos oficiais.

Na tentativa de compreender esse quadro, as Diretrizes Curriculares Estaduais de Física (PARANÁ, 2008a) para o Ensino Médio apenas mencionam a astronomia ao longo do resgate de aspectos histórico da Física. Porém, esse conhecimento não é abordado diretamente nos conteúdos estruturantes, sendo sua contribuição restrita à gravitação universal no estudo dos movimentos. Por outro lado, nas Diretrizes Curriculares de Ciências (PARANÁ, 2008b), a astronomia é um dos eixos estruturantes. De acordo com esse documento, devem ser conteúdos básicos a serem estudados: universo, sistema solar, movimentos celestes e terrestres, astros, origem e evolução do universo, gravitação universal. Entretanto, qual aporte os professores encontram para abordar o tema?

Amaral e Oliveira (2011) identificam limitações nos livros didáticos, ao analisarem os materiais indicados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) do ano de 2008. Os autores apontam informações imprecisas ou desatualizadas, além de inadequações de caráter conceitual e pedagógico. Essa situação é bastante preocupante também nos livros dos anos iniciais do Ensino Fundamental, como indicam Coelho e Bulegon (2013) que, ao analisarem diferentes coleções didáticas, identificaram que grande parte dos conceitos indicados em documentos norteadores não são contemplados. Essa situação mostra indícios de melhora no trabalho de Batista, Fusinato e Oliveira (2018), no qual os livros analisados se mostram, na maioria,

atualizados. Entretanto, alguns temas são explorados de forma pobre, e erros já identificados anteriormente ainda persistem.

Pode-se encontrar em comum ainda, nos trabalhos desses autores, que a preocupação com as abordagens presentes nos livros didáticos se vincula a pequena ou inexistente formação em astronomia dos professores. As referidas análises reforçam os resultados de Langhi e Nardi (2010) quando apontam que a persistência de concepções alternativas reforça a situação de despreparo docente para atuar nesses temas.

Os resultados aqui apresentados reforçam a existência de condições desfavoráveis para uma aprendizagem adequada de astronomia nos ambientes formais de ensino, ou ainda a inexistência de abordagens relativas à esse tema, como afirmam Alves e Zanetic (2008). Somado à pontualidade das intervenções em ambientes não-formais e informais de ensino, torna-se evidente a necessidade de se discutir uma real inserção de temas de astronomia ao longo da formação básica, de forma que os alunos não sejam tolhidos de terem contato com um ramo da ciência que encanta, estimula a curiosidade e propicia o diálogo entre diferentes áreas do conhecimento.

5 Conclusões

Diante das lacunas ao se abordar a astronomia nas aulas de ciências, este trabalho teve como objetivo investigar as possíveis RS a respeito do referido tema, por 24 concluintes do Ensino Médio de um Colégio Estadual da cidade de Maringá no Paraná.

Mesmo levando em consideração o potencial contextualizador e interdisciplinar da astronomia, este manuscrito revelou indícios de possíveis RS dos alunos a partir dos elementos “Universo/Espaço”, “Astronauta/Astrônomo” e “Planetas”, presentes no primeiro quadrante do Quadro 1. Tais indícios foram reforçados por meio das explicações dadas pelos próprios estudantes às palavras que compuseram os grupos semânticos, as quais indicaram a forte presença de conhecimentos de senso comum.

Em virtude do preocupante quadro de análise, também foram apresentados os elementos do segundo quadrante, que endossaram o provável compartilhamento de RS a respeito de astronomia por estes alunos, que novamente expressarem aspectos generalistas e de senso comum que não condizem com o universo reificado desta ciência.

Assim, este estudo, mais que identificar e apresentar possíveis RS que alunos do último ano do Ensino Médio compartilham sobre astronomia, pretende atuar como um alerta aos professores e aos formadores de professores, sobre o quanto esse tema que comumente chama a atenção dos alunos e que é indicado, nos documentos oficiais que regem a educação no Brasil, carece ser trabalhado de forma mais efetiva nas escolas de nível médio, pois, o ensino de astronomia pode contribuir para a (re)construção do conhecimento científico, a partir de considerações do senso comum.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos estudantes, à direção e à orientação pedagógica do Colégio Estadual Tomaz Edison pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências, Formação de Professores e Representações Sociais (CIENCIAR).

Referências

- ABRIC, J. C. Las representaciones sociales: aspectos teóricos. *In*: ABRIC; J. C. **Prácticas sociales y representaciones**. México: Ediciones Coyacán. 2001. p. 11-32.
- ALVES, M. T. S.; ZANETIC, J. O Ensino não formal da Astronomia: um estudo preliminar de suas ações e implicações. *In*: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 11., 2008, Curitiba; **Anais...** Curitiba; v. 1, p. 1-10, 2008. Disponível em: www.cienciamao.usp.br/dados/epef/_oensinonaoformaldaastron.trabalho.pdf. Acesso em: 10 ago. 2018.
- 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. Disponível em: www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/162/208. Acesso em: 10 abr. 2019.
- BARBOSA, J. I. L.; VOELZKE, M. R. Representações sociais de estudantes do Ensino Médio integrado sobre Astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 23, p. 87-113, 2017. Disponível em: www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/284/348. Acesso em: 09 abr. 2019.
- BATISTA M. C.; FUSINATO P. A.; OLIVEIRA, A. A. Astronomia nos livros didáticos de Ciências do Ensino Fundamental I. **Ensino e Pesquisa Revista multidisciplinar de licenciatura em formação docente**. v. 16, n. 3, p. 46-64, jul./set., 2018. Disponível em: <http://periodicos.unespar.edu.br/index.php/ensinoepesquisa/article/view/1996>. Acesso em: 09 abr. 2019.
- BATISTA M. C.; FUSINATO P. A.; RAMOS F. P. Contribuições de uma oficina de astronomia para a formação inicial de professores dos anos iniciais. **Revista Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 107-128, 2017. Disponível em: http://periodicos.uff.br/ensinosaudeambiente_backup/article/view/14765. Acesso em: 10 abr. 2019.
- BRASIL, Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base**. 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 08 abr. 2019.

CARMO, T.; LEITE, J. C.; MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. Aspectos metodológicos em representações sociais. *In*: TRIANI, F.; MAGALHÃES JÚNIOR, C. A.; NOVIKOFF, C. **Representações sociais e educação**: contextos e perspectivas. Rio de Janeiro: Autografia, 2017.

CARNEIRO, D. L. C. M.; LONGHINI, M. D. Divulgação científica: As representações sociais de pesquisadores brasileiros que atuam no campo da Astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 20, p. 7-35, 2015. Disponível em: www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/204. Acesso em 10 abr. 2019.

COELHO, F. B. O.; BULEGON, A. M. Análise do tema astronomia, nos livros didáticos indicados pelo PNLD, dos anos iniciais do ensino fundamental. **VIDYA**, v. 33, n. 1, p. 117-128, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/VIDYA/article/view/249>. Acesso em: 05 abr. 2019.

DARROZ, L. M.; *et al.* Evolução dos conceitos de astronomia no decorrer da educação básica. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**. v. 1, n. 17, p. 107-121, 2014. Disponível em: www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/190**Erro! A referência de hiperlink não é válida.**

GALVÃO, C. B., MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. O. A relação entre as Representações Sociais de professores sobre Educação Ambiental e os projetos relacionados à Conferência Nacional Infantojuvenil pelo Meio Ambiente. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 33, n. 2, p. 124-141, 2016. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/remea/article/view/5641>. Acesso em: 18 abr. 2018.

GONZATTI, S. E. M.; MAMAN, A. S.; BORRAGINI, E. F.; KERBER, J. C.; HEATINGER, W. Ensino de Astronomia: Cenários da prática docente no Ensino Fundamental. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 16, p. 27-43, 2013. Disponível em: <http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/181>. Acesso em: 20 abr. 2018.

HILGER, T. R.; MOREIRA, M. A. Uma revisão de Literatura sobre Trabalhos em Representações Sociais relacionados ao Ensino de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 1, p. 167-186, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4342/2908>. Acesso em: 03 abr. 2018.

HILGER, T. R.; STIPCICH, M. S.; MOREIRA, M. A. Representações Sociais sobre Física Quântica entre estudantes de graduação brasileiros e argentinos. **Latin American Journal of Physics Education**, v. 11, n. 1, p. 1-9, 2017. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6019779>. Acesso em: 19 abr. 2018.

LANGHI, R. **Astronomia nos anos iniciais do Ensino Fundamental**: Repensando a formação de professores. 2009. 370p. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2009. Disponível em: www2.fc.unesp.br/BibliotecaVirtual/DetalhaDocumentoAction.do?idDocumento=305. Acesso em: 19 abr. 2018.

LANGHI, R.; NARDI, R. **Educação em Astronomia**: Repensando a formação de professores. São Paulo: Escrituras, 2012.

LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino de Astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 4, p. 1-11, 2009. Disponível em: www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172009000400014&script=sci_abstract&tlng=es. Acesso em: 19 abr. 2018.

LANGHI, R.; NARDI, R. Formação de professores e seus saberes disciplinares em Astronomia essencial nos anos iniciais do ensino fundamental. **Ensaio**, v. 12, n. 2, p. 205-224, 2010.

LEITE, C.; HOSOUME, Y. Astronomia nos livros didáticos de Ciências: um panorama atual. SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16., Rio de Janeiro: SBF, 2003. Disponível em: www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=snef&cod=_astronomianoslivrosdidat.A. Acesso em: 17 abr. 2018.

MACHADO, L. B.; ANICETO, R. A. Núcleo central e periferia das representações sociais de ciclos de aprendizagem entre professores. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 18, n. 67, p. 345-364, 2010. Disponível em: www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-40362010000200009&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 15 abr. 2018.

MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. O; TOMANIK, E. A. Representações sociais e direcionamento para a educação ambiental na Reserva Biológica das Perobas, Paraná. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 1, p. 227-248, 2012. Disponível em: www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/214/148. Acesso em: 10 abr. 2018.

MINAYO, M. C. S. Ciência, técnica e arte: o desafio da pesquisa social. In: MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa social: teoria método e criatividade**. 17. ed. Petrópolis: Vozes, 1994. p. 9-29.

MOSCOVICI, S. **A representação social da psicanálise**. Rio de Janeiro: Zahar, 1978.

MOSCOVICI, S. **Representações Sociais: Investigações em Psicologia Social**. Tradução: Pedrinho A. Guareschi. 11. ed. Petrópolis, RJ. Vozes. 2015.

NAIFF, D. G. M; NAIFF, L. A. M; SOUZA, M. A. As Representações Sociais de estudantes universitários a respeito das cotas para negros e pardos nas universidades públicas brasileiras. **Estudos e Pesquisas em Psicologia**, v. 9, n. 1, p. 216-229, 2009. Disponível em: www.revispsi.uerj.br/v9n1/artigos/pdf/v9n1a17.pdf. Acesso em: 28 mar. 2018.

ORTIZ, A. J.; MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. O. Representações Sociais e Formação de professores: Reflexões. In: **Representações Sociais, formação de professores e educação**. MAGALHÃES JR, C. A. O. (Org.). Rio de Janeiro, Bonecker, 2018. p. 27-45.

PARANÁ, SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica Física**. 2008a. Disponível em: www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf. Acesso em: 15 abr. 2018.

PARANÁ, SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica Ciências**. 2008b. Disponível em: www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_cien.pdf. Acesso em: 13 abr. 2018.

QUEIROZ, V. **A Astronomia presente nas séries iniciais do Ensino Fundamental das Escolas Municipais de Londrina**. Dissertação (Mestrado em ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

Disponível em:

www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/fisica/dissertacoes/vanessa_queiroz_texto.pdf. Acesso em: 20 abr. 2018.

ROCHA, A. G. **Representações Sociais sobre novas tecnologias da informação e da comunicação: novos alunos, outros olhares**. 314f. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Católica de Santos, Santos, 2009. Disponível em: <http://biblioteca.unisantos.br:8181/bitstream/tede/155/1/Adauto%20da%20Rocha.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2018.

SÁ, C. P. **Núcleo Central das Representações Sociais**. Rio de Janeiro: Vozes, 1996.

TOMANIK, E. A. Como prefácio: O papel político da Teoria das Representações Sociais. *In*: MAGALHÃES JR, C. A. O (Org.). **Representações Sociais, formação de professores e educação**. Rio de Janeiro, Bonecker, 2018. p. 13-24.

Artigo recebido em 11/09/2018.

Aceito em 18/04/2019.

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

*Hualan Patrício Pacheco*¹

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

¹ 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.

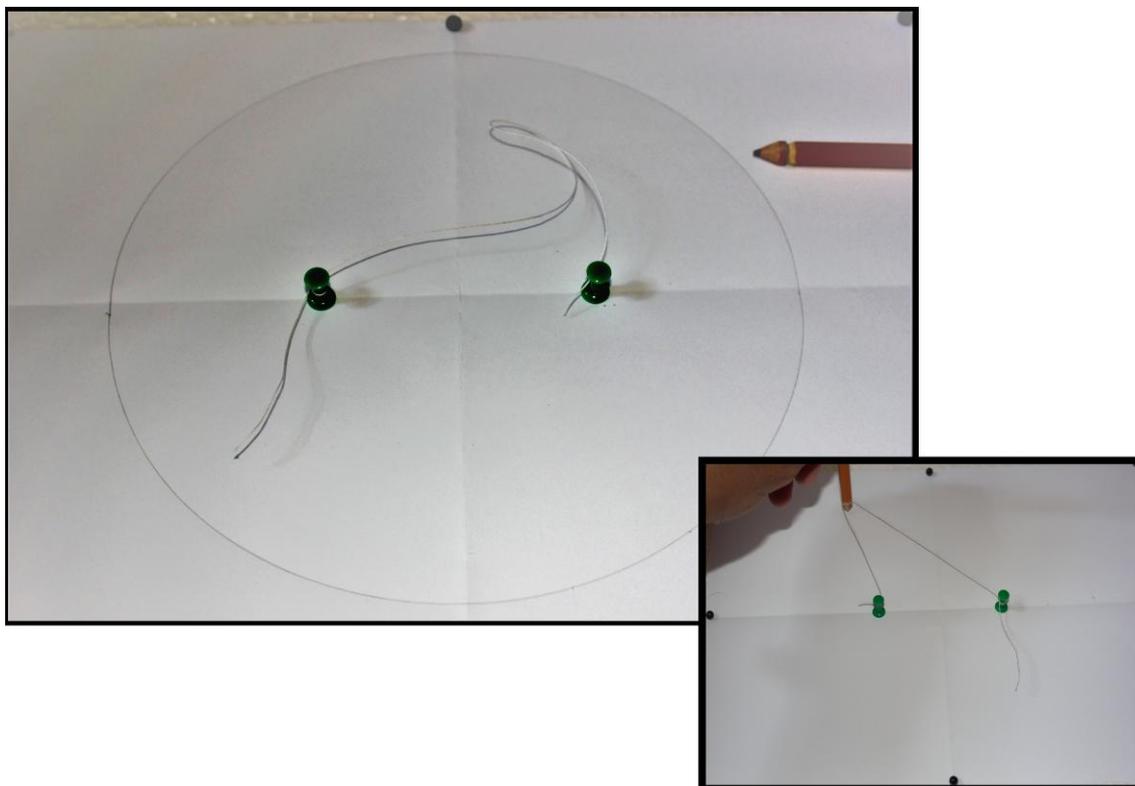


Figura 1 - Método de construção de elipses através do método do jardineiro, os focos são alfinetes com cabeça, que permitem com que a linha seja amarrada e posicionada na cavidade do lápis. Após isto a inscrição da elipse deve ser realizada com o lápis sempre no mesmo ângulo com relação ao plano do papel.

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.

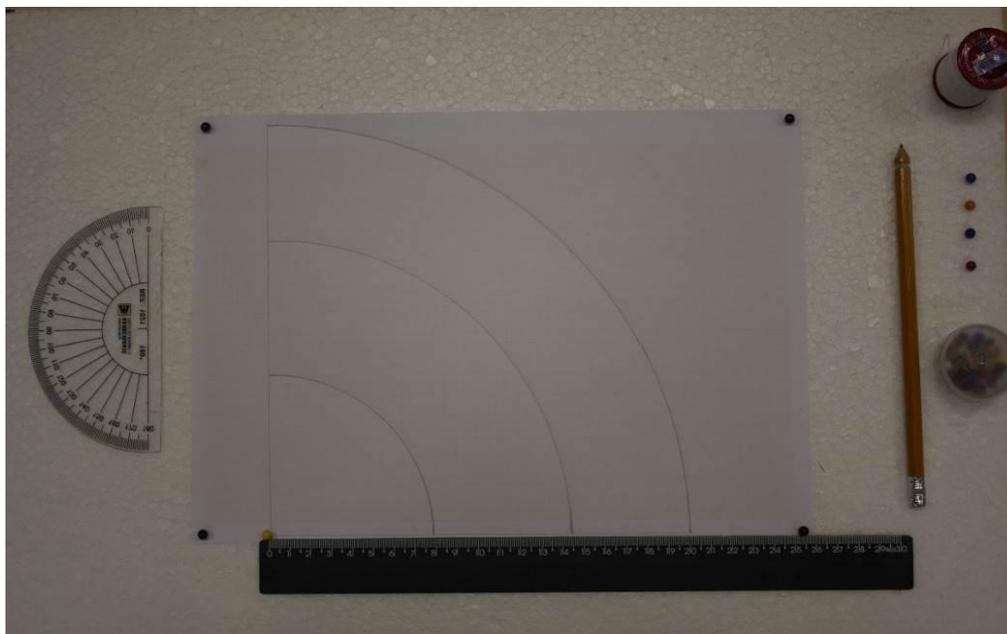


Figura 2 - Materiais utilizados na proposta didática: Isopor (item 1), Alfinetes com cabeça (item 2), Papel Milimetrado (item 4) Régua (item 5), Linha (item 6), Lápis (item 7), Transferidor (item 10).

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° até 90° sempre com intervalos de 10° , o Planeta Terra será fixado na linha de 0° (ou 90°) 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° , 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.

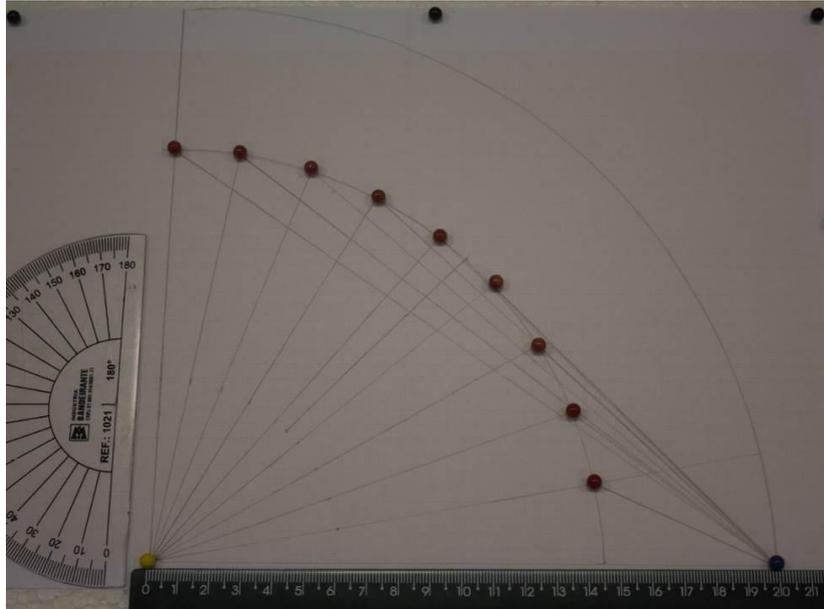


Figura 3 - Marcação de ângulos referentes a órbita de Vênus e retas partindo da órbita terrestre, totalizando nove retas, permitindo perceber que a reta tangente a órbita é aquela que maximiza o ângulo de elongação do planeta a partir da órbita terrestre.

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.

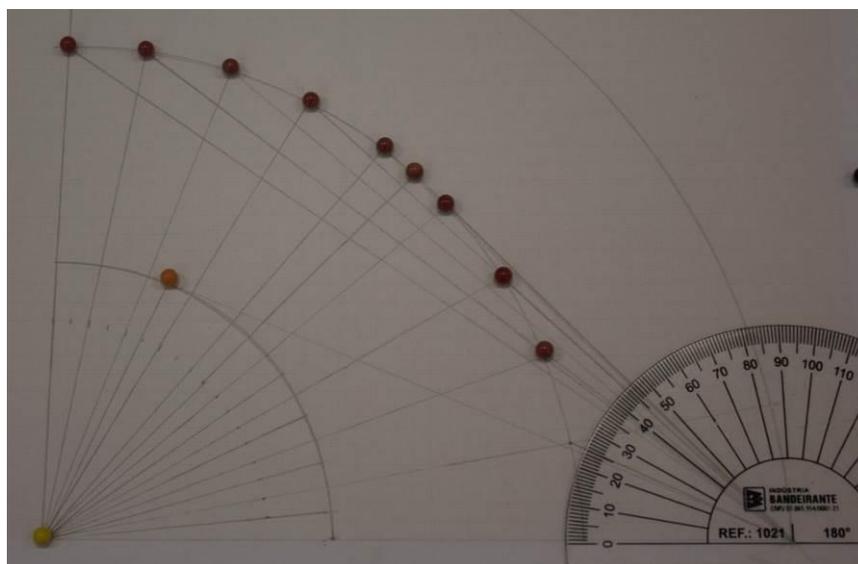


Figura 4 - Sol (bolinha amarela), Mercúrio (bolinha laranja) e Vênus (bolinha vermelha) – A primeira medida resultando em $23,5^\circ$ de Máxima Elongação (para Mercúrio) e a segunda medida através do mesmo transferidor resultando em 46° aproximadamente (para Vênus).

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 θ da linha que vai da Terra ao Sol, onde θ é da ordem de $22,5^\circ$ para Mercúrio e de 46° 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.

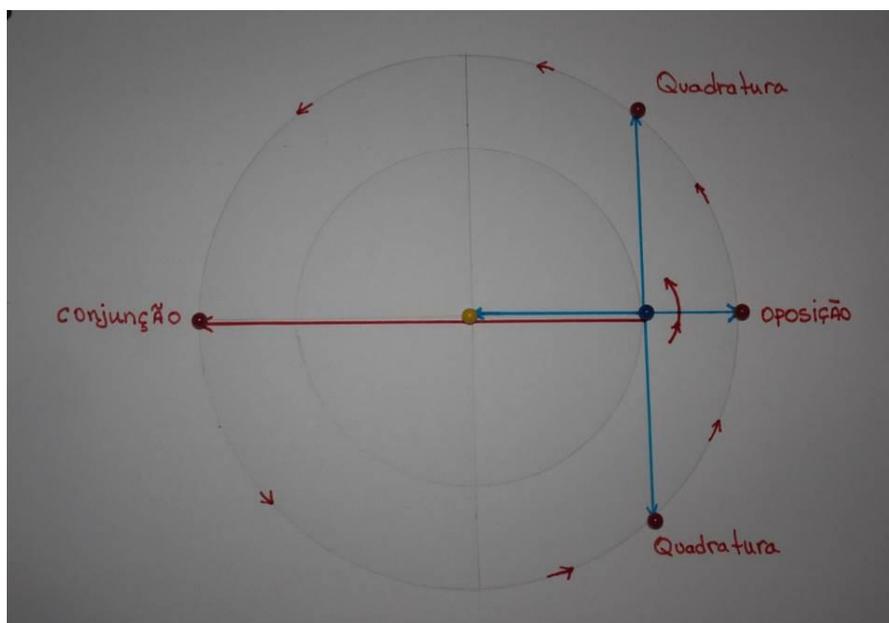


Figura 5 - Configurações planetárias de Conjunção, Oposição e Quadratura Ocidental e Oriental para órbitas circulares.

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.

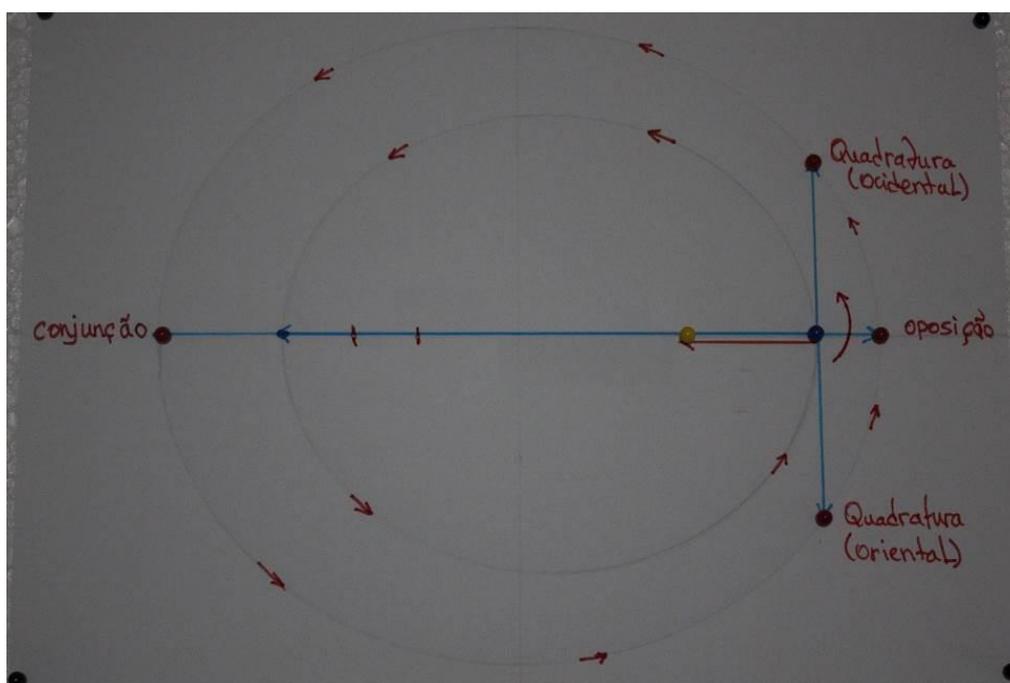


Figura 6 - Visualização das configurações planetárias através de órbitas elípticas exageradas, sendo conjunção, Oposição e Quadratura Ocidental e Oriental.

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.

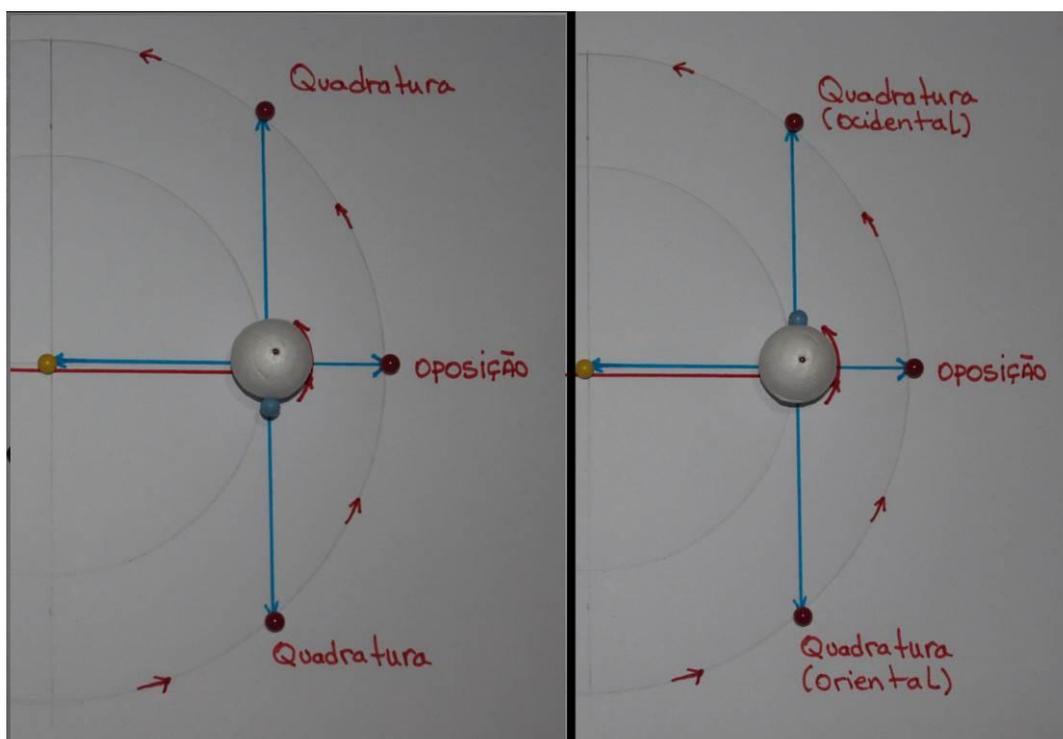


Figura 7 - Representação do observador e do sentido de rotação e translação do planeta Terra, com o intuito de definir e diferenciar as duas Quadraturas possíveis.

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. 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. 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. 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. 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. 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.