



Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia

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

n. 17, 2014

ISSN 1806-7573

REVISTA LATINO-AMERICANA DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA

Editores

Paulo Sergio Bretones (DME/UFSCar)
Luiz Carlos Jafelice (DFTE/UFRN)
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)
Paulo H. A. Sobreira (Planetário/UFG)

Assistente de Editoração

Walison Aparecido de Oliveira (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. 17, (2014). - São Carlos (SP): UFSCar, 2014.

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

Este décimo sétimo número da *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia* (RELEA) é lançado em um momento importante para a Educação em Astronomia no Brasil e no exterior.

O III Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (III SNEA) será realizado de 21 a 24 de outubro, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Sede Central, na cidade de Curitiba, PR.

A exemplo do I e do II SNEAs, ocorridos respectivamente no Rio de Janeiro e em São Paulo, o objetivo do evento é reunir pesquisadores em Educação em Astronomia, com as finalidades de discutir trabalhos de pesquisa recentes e de tratar temas de interesse da área. As atividades programadas serão: palestras, mesas-redondas, apresentação e discussão de trabalhos de pesquisa, cursos e oficinas para formação de professores.

Maiores informações para professores, autores e interessados em geral estão no endereço: <http://www.sab-astro.org.br/IIISNEA>.

Devido à participação de um de nós (PSB) no Comitê Científico, temos a informação de que cerca de 167 trabalhos foram submetidos, o que já demonstra o sucesso do evento, que busca sua consolidação.

Dos cinco artigos desta edição, três deles são de autores estrangeiros, o que reforça a importância da RELEA também em termos internacionais. Parte da submissão destes artigos pode estar ligada ao encerramento recente do periódico *Astronomy Education Review* que vinha sendo publicado desde 2001. Mesmo não cabendo aqui uma discussão sobre os motivos que levaram os editores daquela publicação a cessarem sua edição, lamentamos a decisão e esperamos que em breve outras publicações possam preencher a lacuna, não só no âmbito norte-americano, mas em outras regiões do globo. Seja como for, esperamos que a RELEA continue a cumprir o seu papel de publicar as pesquisas produzidas não apenas na América Latina, mas estando disponível para autores do mundo todo.

Neste número contamos com cinco artigos:

Mixed-methods study that examines nine science teachers' perceptions of SLOOH robotic telescope for teaching astronomy (Estudo com métodos mistos que examina as percepções de nove professores de ciência sobre o telescópio robótico SLOOH para o ensino de astronomia), de Daniel C. Gershun, Timothy F. Slater e Katie J. Berryhill. Este estudo investiga a utilização de telescópios robóticos Slooh para ensinar astronomia e sua percepção por professores de ciências. Os dados foram coletados durante duas semanas de um curso *on-line* sobre telescópios robóticos. Enquanto os testes pré e pós não revelaram um ganho estatisticamente significativo no conhecimento de astronomia, a análise de dados qualitativos revela os aspectos mais importantes de acordo aos participantes. A análise desses temas sugere que o Slooh pode proporcionar um ambiente de aprendizagem interativo e social incorporando temas interdisciplinares.

Essays on Eclipses, Transits and Occultations as Teaching Tools in the Introductory Astronomy College Course (Ensaio sobre eclipses, trânsitos e ocultações como ferramentas de ensino em um curso universitário introdutório de astronomia), de Noella L. Dcruz. Este artigo apresenta um estudo realizado em um curso universitário introdutório para estudantes de carreiras não científicas. Como ferramentas de ensino, foram propostos ensaios sobre eclipses, trânsitos e ocultações que continham partes descritivas e conceituais. As análises das

atividades indicaram que os alunos consideraram difíceis os aspectos conceituais. Isto leva a uma proposta de atividades anteriores para ajudar os alunos a escrever os ensaios.

Liberar al globo terráqueo (Soltar o globo terrestre), de Alejandro Gangui. Neste trabalho descreve-se o globo terrestre paralelo como ferramenta didática, seus fundamentos básicos de construção e funcionamento. Também são propostas algumas atividades que facilitam seu emprego em aulas e oficinas de formação docente.

O lado escuro da Lua nunca apanha sol?, de Odilon Giovannini, Daiana Pellenz e Francisco Catelli. Este artigo apresenta a elaboração de uma resposta à pergunta do título. São consideradas as concepções iniciais dos alunos e proposto de um modelo didático do sistema Terra – Lua – Sol e relatada a sua aplicação com alunos do ensino fundamental. São confirmadas as concepções iniciais apresentadas na literatura e os questionamentos feitos pelos estudantes na aplicação do modelo fornecem indícios de que ocorreu uma aprendizagem significativa.

Evolução dos conceitos de astronomia no decorrer da educação básica, de Luiz Marcelo Darroz, Cleci Werner da Rosa, Álvaro Becker da Rosa e Carlos Ariel Samudio Pèrez. Este texto apresenta uma pesquisa realizada com estudantes do nono ano do ensino fundamental e da terceira série do ensino médio de escolas da região de Passo Fundo/RS. Por meio de um questionário, foi investigado o conhecimento dos estudantes sobre termos e fenômenos astronômicos básicos e à medida que avançam nas séries escolares. Como resultado, os índices de acertos são semelhantes nas respostas de estudantes de nível fundamental e médio, revelando que muitas concepções equivocadas permanecem ao longo da educação básica e que tais temas não são, ou são pouco, abordados. Conclui-se que a discussão dos conceitos relacionados com a astronomia deve receber maior ênfase e faz-se necessária uma ação em nível nacional.

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 ao Sr. Walison Aparecido de Oliveira 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

Luiz C. Jafelice

Jorge E. Horvath

Editorial

This 17th number of the Latin-American Journal of Astronomy Education (RELEA) carries an important notice for Astronomy Education in Brazil and abroad.

The *III Simpósio Nacional de Educação em Astronomia* (SNEA III) (National Symposium on Astronomy Education) will be held on 21-24 October at the Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Headquarters, in the city of Curitiba, PR.

Just as the I and II SNEAs, held respectively in Rio de Janeiro and São Paulo, the event aim is to bring together researchers in Astronomy Education, with the purpose of discussing the research work carried out and address general issues of interest. Scheduled activities are: lectures, panel discussions, presentation and discussion of research papers, courses and workshops for teachers.

Further information for teachers, authors and interested parties in general are available at: <http://www.sab-astro.org.br/IIISNEA>.

Due to the participation of one of us (PSB) in Scientific Committee, we have information that about 167 papers were submitted, which already demonstrates the success of the event, seeking its consolidation.

Of the five articles in this issue, three of them are from foreign authors, which reinforces the importance of RELEA in the international context. The submission of these works can be partially linked to the recent closure of the journal *Astronomy Education Review* which had been published since 2001. Even if a discussion about the reasons that led the editors of that publication to cease its publication is out of scope here, we regret the decision and hope that other publications may soon fill the gap, not only in the North American context, but also in other regions of the globe. Anyway, hopefully the RELEA continue to fulfill its role to publish the research produced, not only in Latin America, but also available for authors worldwide.

In this issue we have five articles:

Mixed-methods study that examines nine science teachers' perceptions of SLOOH robotic telescope for astronomy teaching, by Daniel C. Gershun, Timothy F. Slater and Katie J. Berryhill. This study investigates the use of robotic telescopes Slooh to teach astronomy and its perception by science teachers. Data was collected during two weeks of an online course on robotic telescopes. While the pre and post tests did not reveal a statistically significant gain in knowledge of astronomy, the qualitative data analysis reveals the most important aspects according to participants. The analysis of these issues suggests that Slooh can provide an interactive and social learning incorporating interdisciplinary themes.

Essays on Eclipses, Transits and Occultations the Teaching Tools in the Introductory College Astronomy Course, by Noella L. Dcruz. This paper presents a study of an introductory college course for students of non-scientific careers. As teaching tools, tests on eclipses, transits and occultations containing descriptive and conceptual pieces have been proposed. The analysis of the activities indicated that students found difficult the conceptual aspects. This leads to a proposal of previous activities to help students write the essays.

Liberar al globo terráqueo (Free the globe), by Alejandro Gangui. This paper describes the parallel globe as a teaching tool, its basic fundamentals of construction and

operation. Some activities that facilitate its use in classes and teacher training workshops are also suggested.

O lado escuro da Lua nunca apanha sol? (Is the dark side of the moon ever illuminated by the sun?), by Odilon Giovannini, Daiana Pellenz and Francisco Catelli. This paper presents the development of an answer to the title question. Initial conceptions of the students are considered and a didactic model of the Earth - Moon - Sun system proposed, and it is reported its application to elementary school students. Initial conceptions presented in the literature and the questions posed by the students in applying the model provide evidence that there has been a significant learning.

Evolução dos conceitos de astronomia no decorrer da educação básica (Evolution of the astronomy concepts along basic education cycle), by Luiz Marcelo Darroz, Cleci Werner Rose, Alvaro Becker Rose and Carlos Samudio Ariel Perez. This paper presents a survey of ninth-grade students of elementary school and the third grade of secondary education in the area of Passo Fundo / RS. Through a questionnaire, the authors investigated the students' knowledge of basic terms and astronomical phenomena, and their change as they advance in grade levels. As a result, the rate of correct answers are similar in the responses of students of elementary and secondary level, revealing that many misconceptions remain throughout basic education and that such issues are not or are little discussed. The authors conclude that the discussion of concepts related to astronomy should receive greater emphasis and it is needed an action at the national level.

More information about the Journal and Instructions to authors are listed in the address: www.relea.ufscar.br. Articles may be written in Portuguese, Spanish or English.

We thank Mr. Walison Aparecido de Oliveira for editing the articles, the associate editors, the authors, the referees and all those who directly or indirectly helped us to continue this initiative and, in particular, to prepare this issue.

Editors

Paul S. Bretones

Luiz C. Jafelice

Jorge E. Horvath

Editorial

Este décimo séptimo número de la *Revista Latinoamericana de Educación en Astronomía* (RELEA) trae una noticia importante para la Educación en Astronomía en Brasil y en el exterior.

El *III Simpósio Nacional de Educação em Astronomia* (III SNEA) será realizado del 21 al 24 de octubre, en la *Universidade Tecnológica Federal do Paraná* – Sede Central, en la ciudad de Curitiba, PR.

Tal como el I y el II SNEAs, realizados respectivamente en Rio de Janeiro y San Pablo, el objetivo del evento es el de reunir investigadores en Educación en Astronomía, con la finalidad de discutir trabajos de investigación recientes y de tratar temas de interés en el área. Las actividades programadas son: conferencias, mesas redondas, presentaciones y discusión de trabajos de investigación, cursos y talleres para formación de profesores.

Mayores informaciones para profesores, autores e interesados en general están en el *site*: <http://www.sab-astro.org.br/IIISNEA>.

Debido a la participación de uno de nosotros (PSB) en el Comité Científico, tenemos información de que cerca de 167 trabajos fueron sometidos, lo que ya demuestra el éxito del evento, que busca su consolidación.

De los cinco artículos de esta edición, tres son de autores extranjeros, lo cual refuerza la importancia de la RELEA también en términos internacionales. Parte de la submisión de estos artículos puede estar vinculada al cierre reciente del periódico *Astronomy Education Review* que venía siendo publicado desde 2001. Aunque no cabe aquí una discusión sobre los motivos que llevaron a los editores de aquella publicación a cesar su edición, lamentamos esta decisión y esperamos que en breve otras publicaciones puedan llenar el vacío creado, no solo en el ámbito norteamericano, sino también en otras regiones del globo. Sea como fuere, esperamos que la RELEA continúe cumpliendo su papel de publicar las investigaciones producidas no solo en la América Latina, sino estando disponible para autores de todo el mundo.

En este número contamos con cinco artículos:

Mixed-methods study that examines nine science teachers' perceptions of SLOOH robotic telescope for teaching astronomy (Métodos mixtos de estudio que examinan la percepción de nueve profesores de ciencias sobre el telescopio robótico SLOOH para la enseñanza de la astronomía), de Daniel C. Gershun, Timothy F. Slater y Katie J. Berryhill. Este estudio investiga la utilización de telescopios robóticos Slooh para enseñar astronomía y su percepción por profesores de ciencias. Los datos fueron colectados durante dos semanas de un curso *on-line* sobre telescopios robóticos. Mientras los *tests* previo e posterior no revelaron un incremento estadísticamente significativo en el conocimiento de astronomía, el análisis de datos cualitativos revela los aspectos más importantes de acuerdo con los participantes. El análisis de esos temas sugiere que Slooh puede proporcionar un ambiente de aprendizaje interactivo y social incorporando temas interdisciplinarios.

Essays on Eclipses, Transits and Occultations as Teaching Tools in the Introductory Astronomy College Course (Ensayos sobre eclipses, tránsitos y ocultaciones como herramientas de enseñanza en el curso universitario introductorio a la astronomía), de Noella L. Dcruz. Este artículo presenta un estudio realizado en un curso universitario introductorio para estudiantes de carreras no científicas. Como herrameintas de enseñanza, fueron

propuestos ensayos sobre eclipses, tránsitos y ocultaciones que contenían partes descriptivas y conceptuales. Los análisis de las actividades indicaron que los alumnos consideraron difíciles los aspectos conceptuales. Esto lleva a una propuesta de actividades previas para ayudar a los alumnos a escribir los ensayos.

Liberar al globo terráqueo, de Alejandro Gangui. En este trabajo se describe el globo terráqueo paralelo como herramienta didáctica, sus fundamentos básicos de construcción y su funcionamiento. También son propuestas algunas actividades que facilitan su empleo en clase y talleres de formación docente.

O lado escuro da Lua nunca apanha sol? (El lado oscuro de la Luna nunca toma sol?), de Odilon Giovannini, Daiana Pellenz y Francisco Catelli. Este artículo presenta la elaboración de una respuesta a la pregunta del título. Son consideradas las concepciones iniciales de los alumnos y propuesto un modelo didáctico del sistema Tierra – Luna – Sol y relatada su aplicación con alumnos del primer ciclo. Son confirmadas las concepciones iniciales presentadas en la literatura y los cuestionamientos hechos por los estudiantes durante la aplicación del modelo proveen indicios de que ocurrió un aprendizaje significativo.

Evolução dos conceitos de astronomia no decorrer da educação básica (La evolución de los conceptos de astronomía durante la educación básica), de Luiz Marcelo Darroz, Cleci Werner da Rosa, Álvaro Becker da Rosa e Carlos Ariel Samudio Pérez. Este texto presenta una investigación realizada con estudiantes del noveno año del ciclo primario y del tercer año del ciclo secundario de escuelas de la región de Passo Fundo/RS. Por medio de un cuestionario, fue investigado el conocimiento de los estudiantes sobre términos y fenómenos astronómicos básicos y su evolución a medida que avanzan en las series escolares. Como resultado, los índices de aciertos son semejantes en las respuestas de los estudiantes de nivel fundamental y medio, revelando que muchas concepciones equivocadas permanecen a lo largo de la educación y que tales temas no son, o son poco, abordados. Se concluye que la discusión de los conceptos relacionados con la astronomía debe recibir mayor énfasis y que se hace necesaria una acción a nivel nacional.

Más informaciones sobre la Revista e instrucciones para los autores están disponibles en: www.relea.ufscar.br. Los artículos podrán ser redactados en portugués, castellano o inglés.

Agradecemos al Sr. Walison Aparecido de Oliveira por el trabajo editorial de los artículos, 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

Luiz C. Jafelice

Jorge E. Horvath

SUMÁRIO

1. MIXED-METHODS STUDY THAT EXAMINES NINE SCIENCE TEACHERS' PERCEPTIONS OF SLOOH ROBOTIC TELESCOPE FOR TEACHING ASTRONOMY

ESTUDO COM MÉTODOS MISTOS QUE EXAMINA AS PERCEPÇÕES DE NOVE PROFESSORES DE CIÊNCIA SOBRE O TELESCÓPIO ROBÓTICO SLOOH PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA

Daniel C. Gershun / Timothy F. Slater / Katie J. Berryhill _____ 7

2. ESSAYS ON ECLIPSES, TRANSITS AND OCCULTATIONS AS TEACHING TOOLS IN THE INTRODUCTORY ASTRONOMY COLLEGE COURSE

ENSAIOS SOBRE ECLIPSES, TRÂNSITOS E OCULTAÇÕES COMO FERRAMENTAS DE ENSINO EM UM CURSO UNIVERSITÁRIO INTRODUTÓRIO DE ASTRONOMIA

Noella L. Dcruz _____ 39

3. LIBERAR AL GLOBO TERRÁQUEO

SOLTAR O GLOBO TERRESTRE

Alejandro Gangui _____ 67

4. O LADO ESCURO DA LUA NUNCA APANHA SOL?

Odilon Giovannini / Daiana Pellenz / Francisco Catelli _____ 91

5. EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS DE ASTRONOMIA NO DECORRER DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Luiz Marcelo Darroz / Cleci Werner da Rosa / Álvaro Becker da Rosa / Carlos Ariel Samudio Pèrez _____ 107

CONTENTS

1. MIXED-METHODS STUDY THAT EXAMINES NINE SCIENCE TEACHERS' PERCEPTIONS OF SLOOH ROBOTIC TELESCOPE FOR TEACHING ASTRONOMY

Daniel C. Gershun / Timothy F. Slater / Katie J. Berryhill _____ 7

2. ESSAYS ON ECLIPSES, TRANSITS AND OCCULTATIONS AS TEACHING TOOLS IN THE INTRODUCTORY ASTRONOMY COLLEGE COURSE

Noella L. Dcruz _____ 39

3. LIBERAR AL GLOBO TERRÁQUEO

FREE THE GLOBE

Alejandro Gangui _____ 67

4. O LADO ESCURO DA LUA NUNCA APANHA SOL?

IS THE DARK SIDE OF THE MOON EVER ILLUMINATED BY THE SUN?

Odilon Giovannini / Daiana Pellenz / Francisco Catelli _____ 91

5. EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS DE ASTRONOMIA NO DECORRER DA EDUCAÇÃO BÁSICA

EVOLUTION OF THE ASTRONOMY CONCEPTS ALONG BASIC EDUCATION CYCLE

Luíz Marcelo Darroz / Cleci Werner da Rosa / Álvaro Becker da Rosa / Carlos Ariel Samudio Pèrez _____ 107

SUMARIO

1. **MIXED-METHODS STUDY THAT EXAMINES NINE SCIENCE TEACHERS' PERCEPTIONS OF SLOOH ROBOTIC TELESCOPE FOR TEACHING ASTRONOMY**
MÉTODOS MIXTOS DE ESTUDIO QUE EXAMINAN LA PERCEPCION DE NUEVE PROFESORES DE CIENCIAS SOBRE EL TELESCOPIO ROBÓTICO SLOOH PARA LA ENSEÑANZA DE LA ASTRONOMÍA
Daniel C. Gershun / Timothy F. Slater / Katie J. Berryhill _____ 7

2. **ESSAYS ON ECLIPSES, TRANSITS AND OCCULTATIONS AS TEACHING TOOLS IN THE INTRODUCTORY ASTRONOMY COLLEGE COURSE**
ENSAYOS SOBRE ECLIPSES, TRÁNSITOS Y OCULTACIONES COMO HERRAMIENTAS DE ENSEÑANZA EN EL CURSO UNIVERSITARIO INTRODUCTORIO A LA ASTRONOMÍA
Noella L. Dcruz _____ 39

3. **LIBERAR AL GLOBO TERRÁQUEO**
Alejandro Gangui _____ 67

4. **O LADO ESCURO DA LUA NUNCA APANHA SOL?**
EL LADO OSCURO DE LA LUNA NUNCA TOMA SOL?
Odilon Giovannini / Daiana Pellenz / Francisco Catelli _____ 91

5. **EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS DE ASTRONOMIA NO DECORRER DA EDUCAÇÃO BÁSICA**
LA EVOLUCIÓN DE LOS CONCEPTOS DE ASTRONOMÍA DURANTE LA EDUCACIÓN BÁSICA
Luiz Marcelo Darroz / Cleci Werner da Rosa / Álvaro Becker da Rosa / Carlos Ariel Samudio Pèrez _____ 107

MIXED-METHODS STUDY THAT EXAMINES NINE SCIENCE TEACHERS' PERCEPTIONS OF SLOOH ROBOTIC TELESCOPE FOR TEACHING ASTRONOMY

Daniel C. Gershun¹
Timothy F. Slater²
Katie J. Berryhill³

Abstract: Although previous studies show that robotic telescopes have the potential to enhance student learning, there is comparatively little research that focuses on teacher perceptions of this technology. This study investigates: "what is the academic merit of using SLOOH robotic telescopes to teach astronomy as perceived by science teachers?" Our sample consists of nine science teachers of students aged 13-18 years. Pre- and post-tests, interviews, and surveys were collected during two weeks of a summer online course about robotic telescopes. While pre and post-tests do not reveal a statistically significant gain in astronomy content knowledge, analysis of qualitative data reveals five themes which describe the most important aspects of using SLOOH according to participants: "Images," "Interface," "Classroom Application," "Instructor Impact," and "Logistical Issues." Analysis of these themes suggests that SLOOH can provide an interactive and social learning environment with capabilities to incorporate cross-disciplinary themes.

Keywords: Astronomy education research; Robotic telescopes; Education technology; Inquiry-based learning.

MÉTODOS MISTOS DE ESTUDO QUE EXAMINAM A PERCEPÇÃO DE NOVE PROFESSORES DE CIÊNCIAS SOBRE O TELESCÓPIO ROBÓTICO SLOOH PARA ENSINO DE ASTRONOMIA

Resumo: Embora estudos anteriores mostrem que os telescópios robóticos têm o potencial de melhorar a aprendizagem dos alunos, há relativamente pouca investigação focada nas percepções de professores a respeito desta tecnologia. Este estudo investiga: "qual é o mérito acadêmico da utilização de telescópios robóticos Slooh para ensinar astronomia, tal como percebido pelos professores de ciências?" Nossa amostra é composta por nove professores de ciências de estudantes com idades entre 13-18 anos pré e pós-testes, entrevistas, e levantamentos foram coletados durante duas semanas de um curso *on-line* de verão sobre telescópios robóticos. Enquanto os testes pré e pós não revelaram um ganho estatisticamente significativo no conhecimento do conteúdo astronomia, a análise de dados qualitativos revela cinco temas que descrevem os aspectos mais importantes da utilização Slooh de acordo aos participantes: "Imagens", "Interface", "Aplicação em sala de aula", "Impacto no Instrutor" e "Questões logísticas". A análise desses temas sugere que Slooh pode proporcionar um ambiente de aprendizagem interativo e social com capacidade de incorporar temas interdisciplinares.

Palavras-chave: Pesquisa em Educação em Astronomia; Telescópios robóticos; Tecnologia da educação; Aprendizagem baseada em investigação.

¹University of Wyoming, Department of Physics & Astronomy. E-mail: <astro.gershun@gmail.com>.

²University of Wyoming, Department of Secondary Education. E-mail: <tslater@uwyo.edu>.

³American Public University System, School of Science & Technology. E-mail: <kberryhi@uwyo.edu>.

MÉTODOS MIXTOS DE ESTUDIO QUE EXAMINAN LA PERCEPCION DE NUEVE PROFESORES DE CIENCIAS SOBRE EL TELESCOPIO ROBÓTICO SLOOH PARA LA ENSEÑANZA DE LA ASTRONOMÍA

Resumen: Aunque estudios previos mostraron que los telescopios robóticos tienen el potencial de mejorar el aprendizaje del estudiante, hay relativamente poca investigación centrada en las percepciones de los profesores respecto de esta tecnología. Este estudio investiga: "¿cuál es el mérito académico de la utilización de telescopios robóticos SLOOH para enseñar astronomía según la percepción de los profesores de ciencias?" Nuestra muestra está formada por nueve profesores de ciencias de estudiantes entre 13 a 18 años pre-y post-tests, entrevistas, y encuestas se recogieron durante dos semanas de un curso *on-line* de verano sobre los telescopios robóticos. Si bien los tests antes y después de las pruebas no revelaron un aumento estadísticamente significativo en el conocimiento de contenido astronómico, el análisis de los datos cualitativos reveló cinco temas que describen los aspectos más importantes de la utilización de SLOOH de acuerdo con los participantes: "Imágenes", "Interface", "aplicación en el aula", "Impacto en el Instructor" y "problemas logísticos". El análisis de estos temas sugiere que SLOOH puede proporcionar un ambiente de aprendizaje interactivo y social, con capacidad para incorporar temas transversales.

Palabras clave: Investigación en educación en astronomía; Telescopios robóticos; Tecnología de la educación; Aprendizaje basado en investigación.

1. Introduction

1.1. Motivation

With wide-spread public access of the Internet in the late 1990s and continually improving technology, telescopes have become more flexible in their requirement for in-person interaction. No longer does one have to travel to remote locations—often atop mountains with potentially adverse weather—in order to benefit from a science-grade telescope. Such a situation holds great potential for students who want to study astronomy, but cannot travel to use a telescope.

When outfitted with robotic controls, telescopes can be controlled from any location with an Internet connection, or it can be fully automated with a script for minimal human interaction, giving observers greater flexibility and ease for gathering data. The Sonoma State University Observatory designates three levels of robotic telescopes based on the amount of human interactivity required:

*A simple robotic telescope has an integrated computer environment for controlling a telescope and CCD camera. A robotic telescope with remote accessibility can be controlled by a remote observer (at least at some level). A robotic telescope with real time control allows a remote observer to interactively control the telescope and camera.*⁴

For consistency, we use the term “robotic telescope” (henceforth, *RT*) to refer to any telescope which may be controlled over the internet, regardless of features or level of interaction.

Just as in the scientific community, robotic telescopes are becoming more and more present in the science education community as an emerging classroom technology

⁴ http://gtn.sonoma.edu/resources/telescope_resources

for teaching (see University of Göttingen Observatory⁵ for a list of robotic telescopes around the world). The availability of robotic telescopes in education can change how we can present scientific inquiry to students, shifting from static information and data that is given to the student, to a more dynamic, real-time, and consequence-based learning environment where students hold more responsibility for collecting data and are more deeply immersed in the learning process. However, the mere existence of such tools does not guarantee a successful learning environment, as both students and teachers have certain prerequisite needs when utilizing any technology. This paper examines the perceptions of science education teachers that learn to use SLOOH robotic telescope.

1.2. About the SLOOH Network

SLOOH is a network of three ground-based robotic telescopes available for public use. The name *SLOOH* is a play on words that combines "slew" which describes when a telescope is moving and "ooh," a word used to express excitement. It was the first system which allowed users to observe night-sky objects in near real-time. Two of the telescopes are located on Mt. Teide in the Canary Islands and the other is in La Dehesa, Chile--both of which take advantage of minimal light pollution. All three telescopes are outfitted with science-grade digital cameras and appropriate filters⁶. Users purchase prepaid minutes and then reserve available ten-minute observing timeslots. During observation, users can save up to three images of their object or they may join other user's observations and take pictures of their object. The main website also includes features for retrieving and sharing photos, chatting with other SLOOH users, and viewing occasional live video feeds of various astronomical events such as transits, aurorae, and most recently, coverage of the Mars Curiosity landing.

2. Literature Review

One of the first widely recognized applications of a robotic telescope used in education is the Hands-On Universe project (HoU), first developed at Lawrence Berkeley Laboratory in the early 1990's (FERLET; PENNYPACKER, 2006). Now a global effort, this program enables students to request and download pictures, and also manipulate the images with software developed by HoU personnel. Support from National Science Foundation, Department of Defense and Department of Energy grants has allowed continual development of curriculum, digital software, instructor training and other educational resources.

Another early pioneer of the educational use of remote telescopes has been the Telescopes in Education program, collaboratively developed through Jet Propulsion Laboratory at Caltech, Mount Wilson Observatory, and other volunteers. Students and educators can make reservations to control a 24-inch reflecting telescope in real-time over the Internet. This program is currently no longer active through Mt. Wilson Observatory.

⁵ <http://www.uni-sw.gwdg.de/~hessman/MONET/links.html>

⁶ <http://www.SLOOH.com/specs.php>

Preliminary research at the Charles Sturt University (MCKINNON; MAINWARING, 2000) found evidence that RTs significantly impact elementary school student attitudes towards astronomy and science. A qualitative follow-up by McKinnon and Geissinger (2002) evaluated five classes of grade five and six students who participated in a new curriculum program, "Journey Through Space and Time," that utilizes an RT in Bathurst, Australia. They found that the experience engages students to the curriculum objectives and provides a hands-on experience that is primarily student-driven.

The MicroObservatory network was developed in 2000 at the Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (SADLER *et al.*, 2001). Gould, Dussault, and Sadler (2007) evaluated data from 475 middle-school and high school student projects through pre- and post-testing as well as student/teacher evaluations to determine the educational importance of RTs. They observed several advantages of using RTs in the classroom, including noticeable increases in student involvement, interest, and understanding of content, among others. Authors also note that with RTs being such a heavily computer-driven technology, teachers are concerned that students may rely too much on the computer component, and are not being exposed as much to naked-eye observing of the night sky.

Gehret, Winters, and Coberly (2005) evaluated a prep-school (ages 13-18 years) in urban Chicago that makes use of a robotic telescope from a facility in Mayhill, New Mexico. Besides the benefit of being able to image a dark night sky from the light-polluted city of Chicago, the authors argue that through using RTs, students are able to apply knowledge learned in class in a unique and meaningful way, and feel personally invested and satisfied with gathering their own data.

In addition to research which aims to determine the most salient features of robotic telescopes, there is also a host of published articles that evaluate discrete scientific units, activities, or entire curricula which expose students to STEM topics while utilizing robotic telescopes, requesting observations, as well as gathering and reducing data. Topics include exoplanets (GOULD; SUNBURY and KRUMHANSL, 2012), variable stars⁷ and Near Earth Objects⁸. McKinnon et al. (2012) overviews the "Space To Grow" curriculum program in Australia. A partnership between the Australian Research Council and the US-based Las Cumbres Observatory Global Telescope Network (LCOGTN) enables teachers and students to request observing time on one of the LCOGTN robotic telescopes.

3. Research Question

While there is a clear picture that robotic telescopes have the potential to enhance student learning, there is comparatively little research that focuses on teachers' perceptions of this technology. To address this issue, researchers at the University of Wyoming and CAPER Center for Astronomy and Physics Education Research⁹ have

⁷ <http://www.aavso.org/education>

⁸ <http://www.ll.mit.edu/mission/space/linear/>

⁹ www.caperteam.com

designed a study to systematically investigate the perceptions of science teachers when learning to use SLOOH robotic telescopes.

Main research question:

What is the academic merit of using SLOOH robotic telescopes to teach astronomy as perceived by science teachers?

Sub questions:

1. What is the incoming and outgoing astronomy content knowledge of science teachers who use SLOOH robotic telescopes?
2. What do science teachers find to be the most important features of SLOOH robotic telescopes?

4. Methodology & Design

4.1. Research Methodology

We developed a mixed-methods approach, where the qualitative aspects reflect both phenomenology and grounded-theory. In this case, an interpretive approach addresses the direct descriptions of the SLOOH experience, and grounded-theory places those descriptions into the broader framework of the student-teacher environment which, "[...] helps develop a deeper understanding about the features of the phenomenon." (CRESWELL, 2007, p. 61).

4.2. Research Design

The participants consisted of four male and five female science teachers of students aged 13-17 years. These teachers were also science education graduate students enrolled in an eight-week online summer class from a four-year western university in the United States. The syllabus describes the class as:

[...] a problem-based application course in how to use robotic telescopes to conduct astronomy observations...this course teaches learners how to use Internet-controlled, robotic telescopes to conduct astronomy observations with their students and how to reduce scientific data for use in scientific inquiry investigations.

These participants were selected because they were judged to have the experience necessary to provide meaningful perspectives about SLOOH. Participants range in location (Hawaii to U.S. East Coast), age (late 20's-mid 50's), chosen science discipline, as well as level and amount of teaching experience. This study focuses on weeks three and four of the class, during which, participants learned to use SLOOH robotic telescope. Data was gathered in the form of pre- and post-testing of astronomy content knowledge, focus group transcripts, surveys, and field-notes gathered by the lead researcher.

4.2.1. Intervention Protocol

Research participants began by signing an Institutional Review Board consent form (see Appendix A) which informed them of the research, what is to be expected of them, and that their participation is completely voluntary and has no effect on their class grade. Before the first day of class, participants attended a focus group prior to taking a pre-test. The focus group aimed to elicit any prior knowledge or experiences that participants may have had concerning astronomy, robotic telescopes, and general classroom technology. See Appendix B for a complete list of questions asked. Participants and the lead researcher all met in a secure online video chat room at a predetermined time and date prior to week one. It was ensured that a safe and respectful environment was presented so that participants would not hesitate to share any thoughts or opinions. All focus groups were audio-recorded for transcription purposes.

Immediately after attending the first focus group, participants were given forty-eight hours to complete a fourteen question pre-test (Appendix C) which was emailed to them in .pdf and .doc formats. Questions pertain to general astronomy knowledge that one might require when using a remote telescope and includes one specific question from the Test Of Astronomy Standards (SLATER *et al.* 2011, p.77-87). The purpose of this testing instrument was to gauge the incoming knowledge of participants so that we could measure whether the intervention of using SLOOH robotic telescope had any significant effect on their astronomy content knowledge. Participants completed this pre-test before the first day of class to ensure that results from this test truly reflected incoming knowledge prior to any exposure related to the class.

Weeks three and four of class marked the intervention of our research. During week three, participants were given a worksheet (see Appendix D) designed to walk them through navigating the SLOOH website, how to choose an object, reserve available ten-minute observing slots, and how to take and view images from SLOOH. The worksheet also included exercises which required participants to apply concepts related to using robotic telescopes. Participants kept a detailed log that chronicled their observations with SLOOH. This log included object name, time of observation, weather conditions, and other notes. Participants were introduced to SLOOH's unique image capture process by comparing the appearance of images after 60 seconds, 300 seconds, and 830 seconds of exposure. (refer to subsection 5.2.1, *Images*, for explanation of SLOOH's image capture process). Participants estimated the true size of an observed object by using angular size information gathered from their SLOOH observations in conjunction with an online database that reports the object's distance from Earth. During week four, participants continued to use SLOOH but also started learning how to how to acquire and process images from the MicroObservatory network of robotic telescopes. As a final culmination, participants created a portfolio of their favorite images from either SLOOH or MicroObservatory, and shared them with the entire class at the end of week four. Given the nature of the online class, participants had the freedom to complete and submit the worksheet on their own time.

4.3. Data Analysis Procedure

Pre- and post-tests were evaluated using a predetermined scoring rubric. Data was analyzed to determine the average participant score and resulting standard

deviation. Qualitative data was manually reviewed through a process of horizontalization and clustering (CRESWELL, 2007, p.159) to determine the most pertinent themes relating to the research questions. After reading through all focus group transcripts once, the author reread the transcripts and underlined any participant comments, descriptions, or phrases (regardless of context), which seemed relevant to the research sub-question. The author collected all these quotes on a single page (horizontalization of data), noting whether the comment was positive, negative, or impartial. Each quote represents a single unit of data. The author then determined what theme would best suit each data unit and grouped data by theme. Each theme contains one or more data unit. It was noted when a theme had repeated instances of the same general quote. Final themes were based upon both frequency of mention as well as overall significance in being able to recreate participants' experiences.

5. Results & Discussion

Data consists of nine pre-tests, five post-tests, transcriptions from three pre-focus groups and three post-focus groups, notes and comments from the discussion boards, nine responses to an end-of-class survey, and field notes from the lead researcher. The following subsections discuss analysis of data with respect to the two research sub-questions and then address the main research question.

5.1. Sub-question 1: What is the incoming and outgoing astronomy content knowledge of science teachers who use SLOOH robotic telescopes?

The average participant test score and corresponding uncertainty are shown in Table 1, below. The average pre-test score is 55% and this increases to 69% for the post-test. No individual participant scored lower on the post-test than they did on the pre-test. Due to the nature of such a low sample size, the resulting standard deviations are too large to conclude that this apparent increase in content knowledge is statistically significant. In addition, there is a decrease in the number of respondents from pre- to post-test that further adds to the uncertainty. Although this result is not surprising given such a small sample size, it does agree with trends found within focus group data which suggest that simply using SLOOH for less than two weeks did not work to sufficiently reinforce content knowledge, insofar as the testing instrument could measure those abilities.

Average Participant Test Score			
	Sample Size	Score (%)	s.d. (%-points)
Pre-test	9	51	26
Post-test	5	69	24

Table 1: Average participant test score. Due to small sample size and decrease in respondents from pre- to post-test, the increase in test scores is not statistically significant.

5.2. Sub-question 2: What do science teachers find to be the most important features of SLOOH robotic telescopes?

After analysis of qualitative data, the following five themes emerge as best describing the SLOOH experience according to participant comments. They are: "Images," "Interface," "Classroom Application," "Impact on the Instructor," and "Logistical Issues." It should be noted that although there are five separate themes, descriptions found within one particular theme are not necessarily isolated from another theme. Figure 1 and Table 2, in the following pages, are offered to the reader as a visual aid to help situate the findings.

Table 2: Themes and Quote Frequency			
Theme	Quote relates to...	Frequency of Occurrence	Positive (+) or Negative (-)
Images	...image-capture or ability to process image	2	+
		1	-
	...image quality	3	+
	...will students believe images are real?	1	-
	Totals	5	+
Interface	...ability to join other user's observing sessions	2	+
	...auto-snap feature	1	+
	...ease of use	4	+
	...issues with images and storage	2	-
	...no option to process images	1	-
	Totals	7	+
Classroom Application	...image ownership	1	+
		1	-
	...used to show images in real-time	1	+
	...hands-on/interactive experience	3	+
	...provides artistic perspective	1	+
Totals	6	+	
Impact on the Instructor	...knowledge/awareness of technology and skills	3	+
	...would use SLOOH in the classroom	3	+
	...unsure how to incorporate SLOOH in the classroom	2	-
	Totals	6	+
Logistical Issues	...must pay for use	1	-
	...timing of U.S. school day	1	+
		1	-
	...weather	1	-
	Totals	1	+
	3	-	

Table 2: Themes and frequency of occurrence. Describes types of participant quotes, how many times each quote was mentioned, and whether the quote was positive or negative.

5.2.1. Images

"...I was really impressed with everyone's images from SLOOH..."

The images rendered from a robotic telescope represent the primary connection to the night sky for any user. It is not surprising then, that many participants emphasized the quality of SLOOH images. "I really liked the image quality...some of them are just really nice looking." Those who have experienced other similar remote telescopes also voiced that SLOOH's image quality was better. "...the difference between those [SLOOH's images] and *MicroObservatory* was like night and day." One participant anticipated that this could bring an artistic perspective to science class. Figure 2 shows several examples of participant images taken from SLOOH.

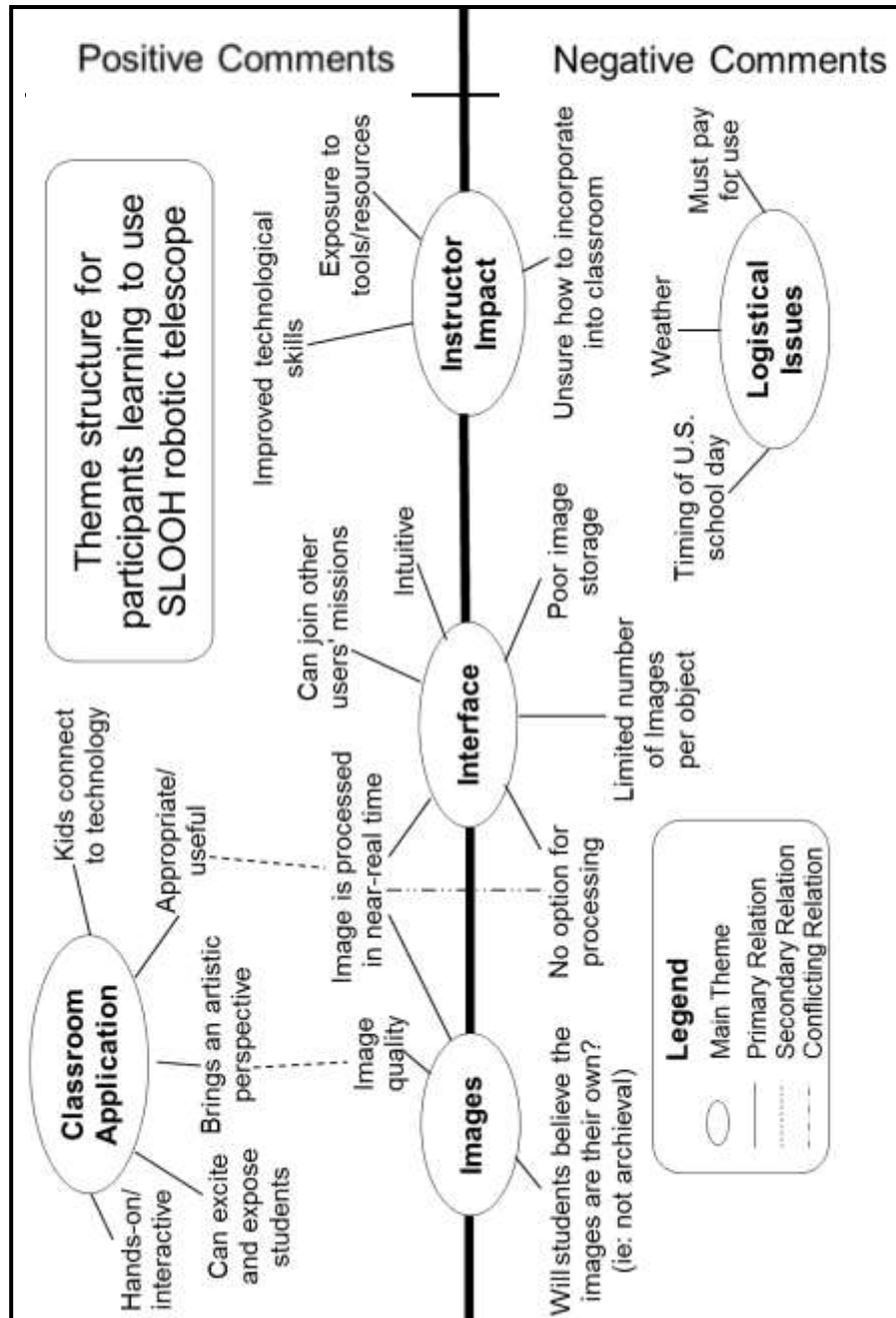


Figure 1: A concept web that shows interrelation among the five themes and examples of participant comments. The web is split into two halves that indicate whether the comments were positive or negative as to the overall enjoyment of SLOOH.

The importance of image quality for participants could be attributed to SLOOH's unique image capture process. Briefly, the telescope not only exposes for the user, it also *simultaneously* processes the image on screen, and the user is able to witness this gradual processing in near real-time. Images start off dim and monochrome, and slowly brighten and increase in color (see Figure 2, below, for examples). "*It's kinda fun to look at the image as the exposure time goes up and watch the image change.*" Participants noted both the advantages and disadvantages of this feature. For those who are not familiar with, or do not want to deal with the intricacies of proper image processing, this works to their advantage, and educators can still offer discussions about light and color, although some users may prefer more control over their image processing. [Authors' note: shortly after completing this research, SLOOH implemented a "FITS Pilot Program" where they gave users the option to download a calibrated FITS file of their object].

These observations support the broader notion in education that visual aids can serve as an important enhancement to the learning process when used properly. Although participants in this study had a positive experience, several did express concern about whether or not their students would be convinced that the images were actually their own and not just archival data. Overall, participants described that the resulting images from SLOOH played a significant role in their robotic telescope experience.

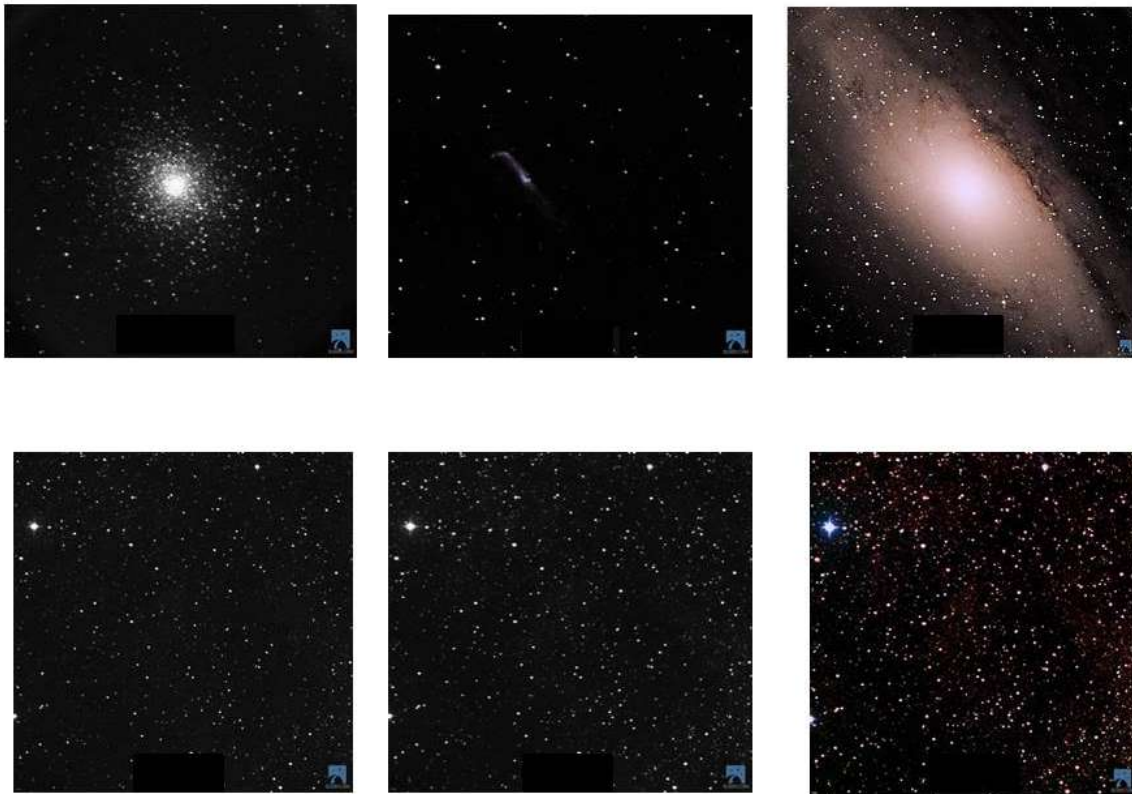


Figure 2: Examples of SLOOH images taken by participants. Top row from left to right: Globular cluster M5, Crowbar Galaxy NGC4656, Andromeda Galaxy M31. One participant included three different images of a single object (568 Cheruskia) which shows the progression of a single exposure after 60 seconds, 300 seconds, and 570 seconds (shown at bottom row, left to right, respectively).

5.2.2. Interface

"...there's just a lot of freedom, how you can hop into different missions and check out what's going on. It seems like a fun environment to be in."

The interface of SLOOH refers to any interaction that occurs between the user and SLOOH website, as well as any particular limitations or settings unique to SLOOH. The most general reference to SLOOH's interface pertains to the relatively minimal degree of effort required to use SLOOH as well as navigating the website. It was described as 'easy to use' [navigating and requesting a mission], 'intuitive' [the website, compared to MicroObservatory], and '...not too tough to navigate.' One feature in particular that participants mentioned is the ability to join another user's observing session and take pictures of their object. If participants were pressed on time or realized they could not attend their own reserved observation, they could simply join another user's ten-minute observing run.

One participant described that the maximum number of images able to be saved during any one observing run was *"...a drawback."* Others expressed some dissatisfaction with the manner in which image are archived and retrieved, *"[it was] Really hard to scroll through your images. I didn't really like [that particular] interface."*

Whereas images provide a visual connection to any robotic telescope, participants' comments indicate that the interface provides more of a personal/social connection to the telescope and other users. SLOOH's flexible interface encourages users to interact with one another. While several participants were having trouble with retrieving photos, one was able to find a solution on the SLOOH message boards. Such an interface promotes a community atmosphere and is reflected in SLOOH being described as *"...a fun environment to be in."* Although no program is without flaws, comments from participants show that interfaces which are more 'intuitive' and reflect a 'community environment,' contribute to a more enjoyable overall experience.

5.2.3. Classroom Application

"I could see how it [SLOOH] could really be useful and appropriate in the classroom."

After using SLOOH for nearly two weeks, participants were able to articulate how they think SLOOH could apply to a classroom setting. One participant drew from personal experience to say that *"...I think that the kids connect--especially with the technology; they like using the computers and stuff."* Another mentioned that it could be useful, *"because I can show pictures of things as the pictures are being exposed."* Another participant suggested that using a remote telescope to capture images would, *"...bring more of an artistic aspect to a class...hopefully [it will] increase interest level."* Other words used to describe how SLOOH would impact the classroom are, *"expose and excite,"* as well as *"hands-on and interactive."*

These perspectives offered by participants for how SLOOH might fit into the classroom illustrates how a robotic telescope may be thought of as an educational tool. Some of the words previously used to describe SLOOH (excite, hands-on, interactive), all lend themselves to a student-centered and inquiry-based learning environment

(SLATER and ADAMS, 2004). Studies have continually shown the benefits of an active learning environment over the less engaging pure-lecture approach (UDOVIC *et al.*, 2002; KNIGHT and WOOD, 2005). Participants' comments indicate that SLOOH has the potential to benefit student learning by placing students' minds out of a text book, and giving them the power and tools to personally construct their reality in creative and meaningful ways.

5.2.4. Impact on the Instructor

"...it's a nice extra resource that I'm going to have in my back pocket."

Robotic telescopes such as SLOOH not only affect the students who use them, but also the instructors who incorporate them into the classroom. Nearly all participants who used SLOOH expressed appreciation for the skills and resources that come with learning to use a robotic telescope such as SLOOH. *"I think I have more tools to refer to, to show them [students] what's out there."* These tools may be as simple as the awareness of a new technology, or the confidence in being able to apply new technologies in a classroom. *"...I do feel a little bit better about...knowing a bit more about these options for remote-controlled telescopes, [which] I wasn't really aware of at all."*

Despite all the discussion that learning to use SLOOH had a positive impact on participants' attitudes towards classroom technology, many still described a lack of confidence in turning a technology into an effective classroom tool. *"I could see it being a take home extra credit or an extension activity, but I'm not sure how I could incorporate it [in the classroom]."* Another participant thought that SLOOH would be useful in an "elective-style" class but followed up with, *"I think I would struggle with it if I were trying to teach an astronomy class... ."* This participant did not believe that SLOOH could be robust enough to apply in a science classroom.

SLOOH robotic telescope has been shown to affect participants in both a positive and negative manner, according to analysis of their comments. Participants appreciate both the knowledge and awareness that comes with learning to use SLOOH robotic telescopes. However, several participants ultimately expressed that if they were given an opportunity to use SLOOH in their classroom, they were still unsure how to specifically incorporate it. These results reflect numerous studies that examine teacher confidence with classroom technology (ERTMER, OTTENBREIT-LEFTWICH 2010; ERTMER 2006).

5.2.5. Logistical Issues

The theme "Logistical Issues" encompass matters relating to SLOOH and its use which concerned participants but were entirely out of their control. Several participants mentioned that SLOOH does cost money to use, although followed up with, *"I still think it's worth it."* Inclement weather was also mentioned by one participant when describing his experience, *"...the faults dealt with the sandstorms. Night after night I was trying to do things and couldn't get it."*

Perhaps the single logistic that participants considered most significant was that of coordinating observations during school hours. For instance, if observers in the United States wanted to use the SLOOH telescope in the Canary Islands during the fall or winter months, they could start at the earliest 19:30 UTC, which is equivalent to 5:30 pm on the U.S. east coast and 2:30 pm on the U.S. west coast. Participants emphasized the difficulty of observing with SLOOH during the school day, "...you can't do it [observe with SLOOH] when you're in class because missions don't start until later in the day." For the one participant living in Hawaii, "...it would actually work for us, as things start around lunch time, however this participant did follow up with, "It would be nice if they set up some other sites that would work for the main land in the United States...during the school day." These comments from participants all represented elements of the SLOOH experience which impacted them during their two weeks of using SLOOH, but were completely out of their control.

5.3. Limitations of Study

There are two general features which makes this research unique compared to other studies. One is that all participants learned to use the telescope through an *online* format, as opposed to an in-person group setting. Participants were connected, however, through an online discussion forum and video chats. Therefore, any data collected does not stem from direct observation of the participant-telescope experience, but from verbal testimony which was self-reported by participants and survey data. Second, our data is based on a much shorter time span of telescope use, whereas much of the literature is based on classrooms and afterschool programs that integrate a robotic telescope into the learning experience ranging from months to a full school year.

6. Conclusions: What is the academic merit of SLOOH robotic telescopes to teach astronomy as perceived by science teachers?

After considering both quantitative and qualitative results, the most useful conclusions are drawn from the qualitative portions. By far the single aspect of SLOOH that resonates with other studies is that of images (see subsection 5.2.1, *Images*). The importance of capturing one's own images has been phrased by some researchers as "image ownership" (SADLER *et al.*, 2007), whereby students who capture their own images through a robotic telescope are more likely to be excited and engaged in learning. SLOOH is currently the only robotic telescope that enables users to view their object simultaneously on the screen as the object is being exposed. In other systems, the user will either have to wait until the end of the exposure period or must wait until the next day to be emailed the image file. SLOOH's unique format enables students to immediately access images and begin using them in class. The use of images with SLOOH can also act as a way to incorporate cross-disciplinary themes within the curriculum that extend to Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) and non-STEM disciplines. Using SLOOH can complement a student's exposure to topics within astronomy as well as related math concepts. Technology and engineering are also deeply interrelated to robotic telescopes and can be included through discussions of telescope optics and how camera sensors function. Outside STEM, the

nature of taking digital astrophotos provides opportunities for students to exercise visually creativity. In addition, processing the photos (adjusting contrast, stacking multiple images, etc.) can provide students with valuable experience using image software or programming in a computer language.

Participants' descriptions of SLOOH such as 'hands-on,' 'engaging,' and [eliciting] 'excitement,' indicate the potential for a telescope which is interactive in nature. The Hands-On Universe Project similarly base their goals and objectives on the fact that students "...should as much as possible directly participate through observing, arguing, sharing, discussing, and interpreting}..." (FERLET and PENNYPACKER, 2006). In addition to providing a more interactive and hands-on learning experience (MCKINNON *et al.*, 2002; COWARD *et al.*, 2011; SADLER *et al.*, 2007), participants' comments indicate that SLOOH robotic telescopes show potential for creating a social learning environment. SLOOH's design not only allows students to take pictures but also connects them to a social network of telescope users. This includes the ability to join other users' observations or communicate and share photos on the message boards with other SLOOH members. Even things which can go wrong with a robotic telescope such as bad weather or hardware malfunctions can be used as a positive learning experience. These opportunities provide students with examples of how to deal with and learn from failures in a controlled environment of the classroom.

7. Summary

We evaluated the educational potential of the SLOOH network of robotic telescopes based on qualitative and quantitative data from nine science teachers who used SLOOH during two weeks of an eight week summer online course. Although analysis of pre- and post-tests showed no statistically significant difference in the learning gains of participants, interviews, surveys and general observations revealed aspects of the SLOOH experience that most affected participants. The themes were, "Images," "Interface," "Classroom Application," "Instructor Impact," and "Logistical Issues." SLOOH does exhibit potential as a successful classroom tool such as real-time image processing, a social learning environment in which to interact with other users, as well potential to incorporate both STEM and non-STEM themes.

7.1. Future research

Although the study of robotic telescopes for educational purposes is still a nascent domain, future research can help develop understanding of robotic telescopes in a two-fold manner. More large-scale studies (on the order of Sadler *et al.*, 2007) that track student learning in a meticulous and scientific manner will provide policy-makers with definitive evidence for the importance of robotic telescopes. Similar studies can also provide a clearer picture as to what influences a teacher's confidence particularly when using robotic telescopes. Second, educators and researchers alike must continue to contribute and publish practical ideas for how to meaningfully integrate robotic telescopes into the classroom (such as Gould, Sunbury, and Krumhansl, 2012). Future research which addresses these two issues will provide the education and research

community with insight to both the phenomena of robotic telescopes and how it can be effectively implemented in the classroom.

References

COWARD, D.M.; HEARY, A.; VENNVILLE, G.; TODD, M.; LAAS-BOUREZ, M.; ZADNIK, M.; KLOTZ, A.; BÖER, M.; LONGNECKER, N. The Zadko telescope: A Resource for Science Education Enrichment. **Advances in Space Research**, v. 47, p. 1922-1930, 2011.

CRESWELL, J. **Qualitative Inquiry and Research Design**. 2. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2007.

DANAIA, L.; MCKINNON, D.; PARKER, Q.; FITZGERALD, M.; STENNING, P. Space to Grow: LCOGT.net and Improving Science Engagement in Schools. **Astronomy Education Review**, v. 11, n. 1, 2012. Available from: <http://aer.aas.org/resource/1/aerscz/v11/i1/p010106_s1?view=fulltext> Accessed on 29 April 2013.

ERTMER, P. A.; OTTENBREIT-LEFTWICH, A. T. Teacher Technology Change: How Knowledge, Confidence, Beliefs, and Culture Intersect. **Journal of Research on Technology in Education**, v. 42, n. 3, p. 255-284, 2010.

ERTMER, P. A. Teacher Pedagogical Beliefs: The Final Frontier in Our Quest for Technological Integration?. **Educational Technology Research & Development**, v. 53, n.4, p. 25-39, 2005.

FERLET, R.; PENNYPACKER, C. R. The Hands-on Universe Project, **Organizations and Strategies in Astronomy**, v. 6, p. 257-286, 2006.

GEHRET, L.; WINTERS, W.; COBERLY, S. The Internet Telescope: Remote Observing for the City Astronomy Class. **Astronomy Education Review**, v. 3, n. 2, 2005. Available from: <http://scitation.aip.org/journals/doc/AERSCZ-ft/vol_3/iss_2/170_1.html> Accessed on 29 April 2013.

GOULD, R.; DUSSAULT, M.; SADLER, P. What's Educational About Online Telescopes?: Evaluating 10 Years of MicroObservatory. **Astronomy Education Review**, v. 5, n. 2, 2006. Available from: <http://scitation.aip.org/journals/doc/AERSCZ-ft/vol_5/iss_2/127_1.html> Accessed on 29 April 2013.

GOULD, R. R.; SUNBURY, S.; KRUMHANS, R. Using Online Telescopes to Explore Exoplanets From the Physics Classroom. **American Journal of Physics**, v. 80, n. 5, p. 445, 2012.

KNIGHT, J. K.; WOOD, W. B. Teaching More by Lecturing Less. **Cell Biology Education**, v. 4, n. 4, 2005. Available from: <<http://www.lifescied.org/content/4/4/298.full.pdf+html>> Accessed on 29 April 2013.

MCKINNON, D. H.; MAINWARING, A. The Charles Sturt University Remote Telescope Project: Astronomy for Primary School Students. **Publications of the Astronomical Society of Australia**, v. 17, p. 125-128, 2000.

MCKINNON, D.; GEISSINGER, H. Interactive Astronomy in Elementary Schools. **Educational Technology & Society**, v. 5, n. 1, p. 124-128, 2002.

SADLER, P. M.; GOULD, R. R.; LEIKER, P. S.; ANTONUCCI, P. R. A.; KIMBERK, R.; DEUTSCH, F. S.; HOFFMAN, B.; DUSSAULT, M.; CONTOS, A.; BRECHER, K.; FRENCH, L. MicroObservatory Net: A Network of Automated Remote Telescopes Dedicated to Educational Use. **Journal of Science Education and Technology**, v. 10, n. 1, p. 39-55, 2001.

SLATER, T. F.; ADAMS, J. P. **Learner-Centered Astronomy Teaching**. Newark: Prentice Hall Publishing Company, 2004.

SLATER, S. J.; SLATER, T. F.; BAILEY, J. M. **Discipline-Based Education Research**. New York: W.H. Freeman and Company, 2010.

UDOVIC, D.; MORRIS, D.; DICKMAN, A.; POSTLETHWAIT, J.; WETHERWAX, P. Workshop Biology: Demonstrating the Effectiveness of Active Learning in a Non-Majors Biology Course. **BioScience**, v. 53, n. 3, p. 272-81, 2002.

APPENDIX A - Consent Form

I. General purpose of the study:

The research study that you (here on out known as 'subject') may choose to participate in will help educators at the university of Wyoming determine what are the educational benefits of using SLOOH Space Camera and if is appropriate to be introduced in the curriculum. Your participation is important because it will help us gauge the potential for using SLOOH as an educational tool.

II. Procedure:

This study will take place over the online class interface and will be conducted by graduate student, Daniel Gershun. In addition to the normal course work, subjects will be asked to complete the following: Subjects will be tested and interviewed at the beginning of the SLOOH unit. They will be introduced to the SLOOH Space Camera and asked to perform several assignments that will not be graded. At the end of the SLOOH unit, subjects will retake the same test, participate in another focus group and have the chance to leave any comments. The extent of your participation in this research will last only during the meeting hours of class (weeks 2 and 3).

III. Disclosure of risks

Minimal risk is anticipated for participants in this study. In the highly unlikely event that subjects feel personal discomfort or anxiety during the focus groups, subjects will be allowed to leave at any time and be referred to the University Counseling Center. Due to the nature of focus groups, there is a risk of breach of confidentiality for participants. Although measures have been implemented by the researchers to ensure participant confidentiality, the researchers cannot guarantee what the other individuals in the focus group may do following the meeting.

IV. Description of benefits:

There are no direct benefits to subjects who participate.

V. Confidentiality:

The tests that you will complete over the course of this research will not be linked to any personal information. Conversation from the focus group will be transcribed and not names will be used. This data will only be accessible to certified investigators and graduate student researchers. All data will be stored on a password-protected external hard-drive and stored in the Physical Sciences Building, room 112, for the duration of three years, after which, it will be destroyed.

VI. Freedom of consent:

My participation is voluntary and my refusal to participate will not involve penalty or loss of benefits to which I am otherwise entitled, and I may discontinue participation at any time without penalty or loss of benefits to which I am otherwise entitled. I understand that my refusal to participate or my withdrawal at any point will not affect my course grade or class standing.

If after consenting to participate in this research, the subject deems it necessary to withdrawal his/her participation, he/she may do so at any time during the research process by means of verbal request.

VII. Questions about the research:

Requests for information or any concerns can be directed to the principal investigator, Daniel Gershun, dgershun@uwyo.edu or (781) 572-2590 during normal business hours. If you have any questions about your rights as a human subject, please contact the University of Wyoming IRB Administrator at 307-766-5320.

VIII. Consent to participate:

Printed name of participant

Participant signature

Date

APPENDIX B - Question Prompts for Focus Group

(Beginning of SLOOH unit)

- What kind of experience(s) have you had with telescopes before? What was the impact of those experiences?
 - What do you know about remote telescopes?
 - What do you hope to gain from using robotic telescopes?
 - Teachers often debate the pros/cons of dissecting real frogs in the lab versus virtual frogs over the internet. How can this be compared to controlling a telescope in-person versus over the internet? Explain
 - Do you think there are any reasons to use robotic telescopes in the classroom? Why/Why not?
-

(End of SLOOH unit)

- Describe your experience using SLOOH. What aspects did you like? Dislike?
- What are your perceptions of using robotic telescopes in the classroom? Have they changed at all over the course of this unit? Why/Why not?
- How did the online nature of this class affect your learning to use a robotic telescope?
- Did you learn anything or develop any new skills over the course of this unit? How so?
- Would you use SLOOH in your classroom? Why/Why not?

APPENDIX C - SLOOH Space Camera Evaluation: Pre-Test and Post-Test

Requests for information or any concerns can be directed to the principal investigator, Daniel Gershun, dgershun@uwyo.edu or (781) 572-2590 during normal business hours. If you have any questions about your rights as a human subject, please contact the University of Wyoming IRB Administrator at 307-766-5320.

1. Would you rather have control over a small telescope to take an astronomical image, or just simply download a detailed image of that same object from Hubble or other observatory?
2. What factors might negatively impact a night of telescope observing?
3. Imagine you see Mars rise in the east at 6:30 pm. Six hours later what direction would you face (look) to see Mars when it is highest in the sky? (choose one)
 - a. Toward the north
 - b. Toward the south
 - c. Toward the east
 - d. Toward the west
4. Define/explain the following as best as you are able:
 - a. Zenith
 - b. Meridian
 - c. Azimuth
 - d. Focal Length Altitude
 - e. Hour Angle
 - f. Right Ascension
 - g. Declination
5. Describe how Earth's motions result in the motion of the heavens and the different seasons of constellations.
6.
 - a. What do astronomers use CCDs (Charge Coupled Devices) for?
 - b. If you were to look at 2 digital photographs of the same galaxy, one of which is a 2-minute exposure, and the other a 200-minute (3hr 20min) exposure, describe what would be different about each picture and why.
7. During the northern hemisphere summer months Laramie, WY, USA is -6:00

UTC. Melbourne, AUS is +10:00 UTC. A celestial object is located according to Figure A.

- a. Assuming the object is visible in both hemispheres, which location will see the celestial object cross the meridian first?

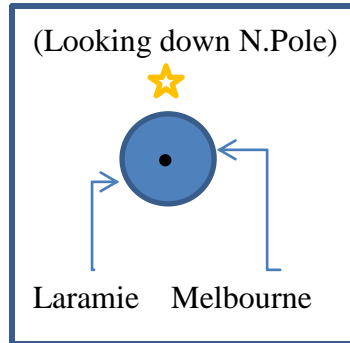
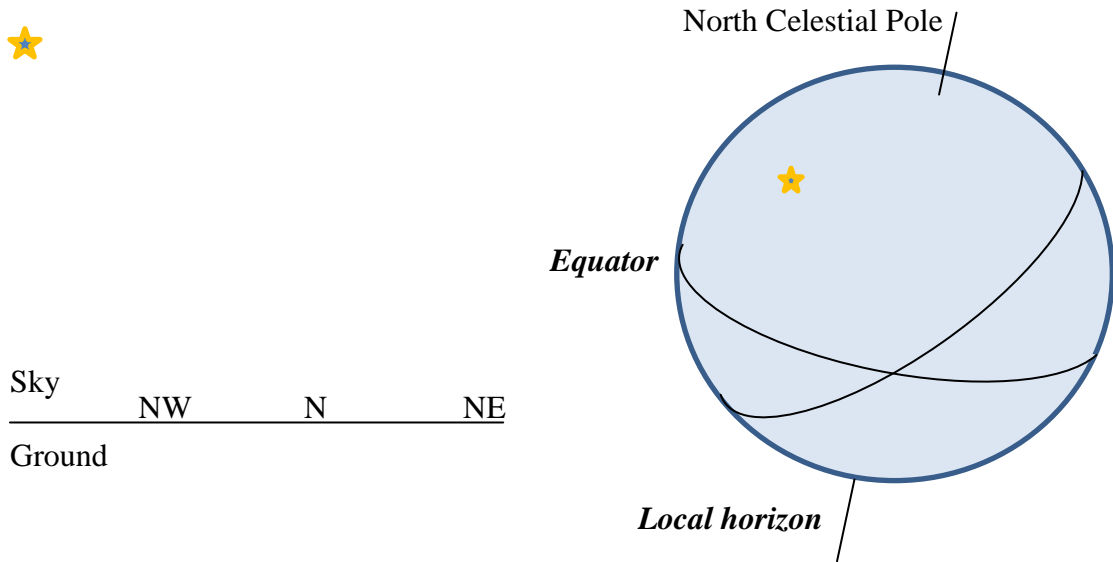


Figure A

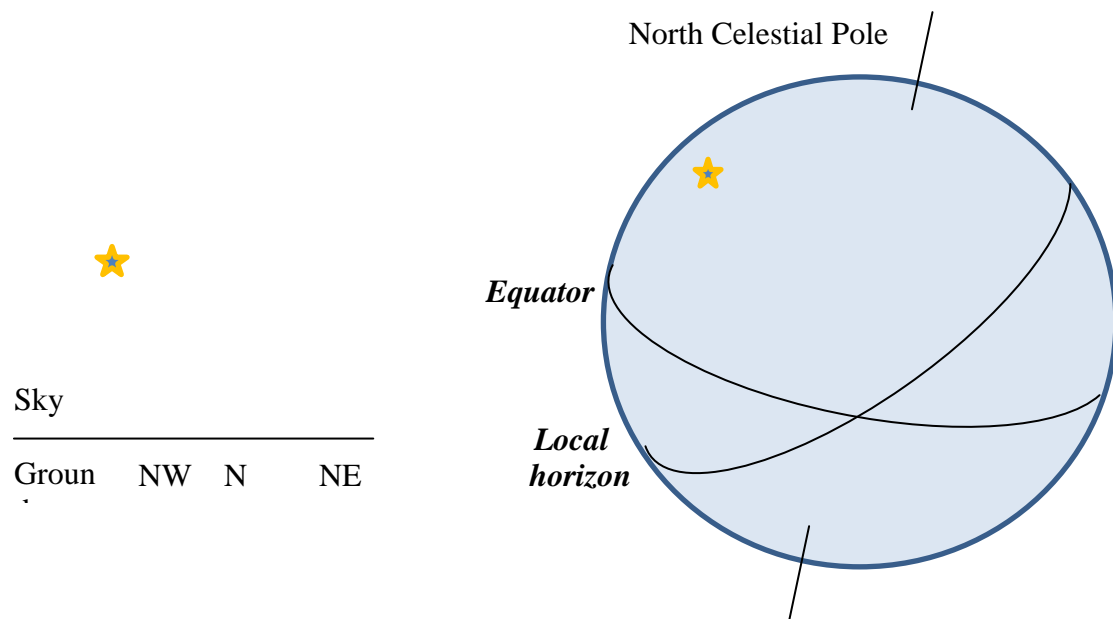
- b. What is the difference between the time that the object crosses the meridian in Melbourne and Laramie?
 - c. If it is currently sunset (sunrise) in Laramie, what is the corresponding local time in Melbourne? (Assume Laramie experiences night from 8pm-6am, MDT)
8. Explain why observers in the United States see different constellations throughout the year.-
 9. What range of Right Ascensions are visible at midnight on...
 - a. March 21st (Vernal Equinox)
 - b. June 21st (Summer Solstice)
 - c. September 21st (Autumnal Equinox)
 - d. December 21st (Winter Solstice)
 10. What defines a Right Ascension of 0h?
 11. What is your current 'local time' (indicate time zone)? What is your current 'local sidereal time'?
 12. Name two astronomical catalogues and their similarities/differences.
 13. On the left is a drawing of the horizon looking north. On the right is depiction of

the celestial sphere, with the equator and local horizon noted. Draw in the Alt-Az and RA-Dec coordinate systems for the following stars. Label the zero-points and which direction is increasing.

Label Alt-Az Here



Label RA-Dec Here



APPENDIX D – Welcome to the SLOOH Space Camera!

To be completed by Friday, June 22

This document will walk you through how to use SLOOH Space Camera (sections 1-6) and also includes some Tasks to answer after you are comfortable with using SLOOH (section 7).

Due to the late-night nature of astronomy, I will make myself available on Elluminate from the hours of 8pm-9pm MDT, except Saturdays. You may also contact me any time at dgershun@uwyo.edu. Lastly, the online discussion forum is at your disposal to contact your classmates, ask questions, provide assistance etc. (slaterclass_AstroForEducators@yahoogroups.com)

1 Activating Your Minutes and Logging On

Set up an account on slooh.com by going to slooh.com, select LOGIN and then hit the REDEEM button to enter in the number on the back of your card you obtained. (150-200 minutes costs about \$20 and unlimited for a year costs about \$40.) Then, log in to the site:

NOTE ABOUT USING YOUR MINUTES: Don't worry about running out of minutes - yet. You only spend MINUTES when you click the green JOIN MISSION button (another window will open) and when you close the window, your time stops.

2 Acquainting Yourself With the Launch Pad

When you first logon, you are directed to the main menu, aka: the 'SLOOH Launch Pad' (see Figure 1, next page). At the left side of the Launch Pad, there are three small boxes which you can click to connect yourself to one of three SLOOH Observatories. There are two observatories in the Canary

Islands, Spain (CI1, CI2) and one observatory in La Dehesa, Chile (CL). NOTE: Chances are, only CI1 will be operational by the time you begin week 3. That's fine, you should still be able to make several reservations throughout the week. Note that when you switch between SLOOH Observatories, the the circular picture at the left and the Mission Boxes will also change to reflect this switch.



Figure 1: The SLOOH Launch Pad

The right side of the Launch Pad shows three rows. The top row shows what RESERVATIONS you have requested, and how many you have remaining (you may reserve up to 5 time-slots in a 24 hour period). The next row shows you the UPCOMING MISSIONS, what object they are and what time they start. The bottom row shows you what PICTURES you have captured recently. Click on this to see all your pictures which are categorized

by object type.

Finally, in the very upper-left of the Launch Pad is a button WEATHER CONDITIONS which provides you with information about weather, moon phase, sun rise/set and other useful bits. If ever you are confused about why Missions are not online, check here for current weather and forecast.

2.1 HELP Menu

The HELP menu is located at the top right of the Launch Pad. This drop-down menu contains information about general astronomy knowledge, how to use SLOOH, and information about UTC time.

3 A Brief Word About Keeping Time

Astronomers record their events in Universal Time, abbreviated 'UTC.' You will see this method of time-keeping a lot in SLOOH and in other remote telescopes. It is also referred to as 'Greenwich Mean Time' or 'Zulu Time.' UTC is the current local time along Earth's 0^o meridian which passes through Greenwich, England. For instance, 22:30 UTC implies that it is 22:30 (11:30pm) in Greenwich, England. Consult the 'What Is UTC?' pdf under the help menu in order to convert from UTC to your local time in the United States. For example, I live in Laramie, WY which is 6 hours BEHIND UTC (-6UTC) during the summer. When it is 22:30 UTC (10:30pm in Greenwich), it is 16:30 (4:30pm) in Laramie. If your home location is not in the United States, consult this website to find out what time-zone you live in. The SLOOH camera in the Canary Islands is one hour AHEAD of UTC (+1UTC) during the summer.

4 Joining a Mission or Reserving a Time-slot

The one good feature about SLOOH is that you don't *have* to reserve a time-slot in order to observe an object and take pictures. I will show you both methods:

4.1 Join Another Member's Mission

When Missions are online for a particular dome, you will see a green button that says JOIN MISSION. Otherwise that button will be red and says MISSIONS OFFLINE (probably due to weather or technical issues). At any

point in the night you may join another member's mission by clicking the green JOIN MISSION button. Jump to Section 5: Let's take Some Pictures!

4.2 Reserve Your Own Mission

If you want to make absolute sure that SLOOH will look at a particular object during the night, you may want to reserve your own time-slot. Starting from the Launch Pad, click on MY RESERVATIONS which takes you to today's reservations. Brown and Black slots are already taken, and Green ones are available. If you don't see any open slots, you may advance up to 7 days in the future to see if there are any available slots. Once you find a desirable time, click on it and it will prompt you to choose an object. This can be done in four ways, also shown in Figure 2, next page.

- **QUICK PICK:** Chooses an object for you...LAME! Let's skip this one.
- **CHOOSE ITEM FROM LIST:** This option provides you with a list of popular objects that are currently visible from your chosen observatory. Objects are listed by catalog number (e.g.: IC, NGC, M). If you are unfamiliar with catalogs, the following website contains information about the history and nomenclature of astronomical catalogs. After choosing, go to section 5.

<http://spiff.rit.edu/classes/phys445/lectures/catalogs/catalogs.html>
*DO NOT complete the exercises at the bottom of the webpage**

- **ENTER CATALOG NUMBER:** Allows you to enter the objects catalog and the corresponding number. Beware: Make sure that whatever object you choose, it is visible from your chosen observatory at the time-slot which you have chosen. When in doubt, STELLARIUM is your friend. Typically, objects that have just risen above the horizon will not be seen by the telescope. Look for objects that are at least 15° above the horizon. After choosing, go to section 5.
- **ENTER COORDINATES:** This option gives you the freedom to point *anywhere* in the sky! Once you decide upon an object, determine the object's coordinates (Right Ascension, Declination) and enter them accordingly. Coordinates are almost always included in a catalog, but if you can't find them, search on the NASA Extragalactic Database (<http://ned.ipac.caltech.edu/forms/byname.html>). Or, you can search for an object on Stellarium by pressing F3. Look for the information,

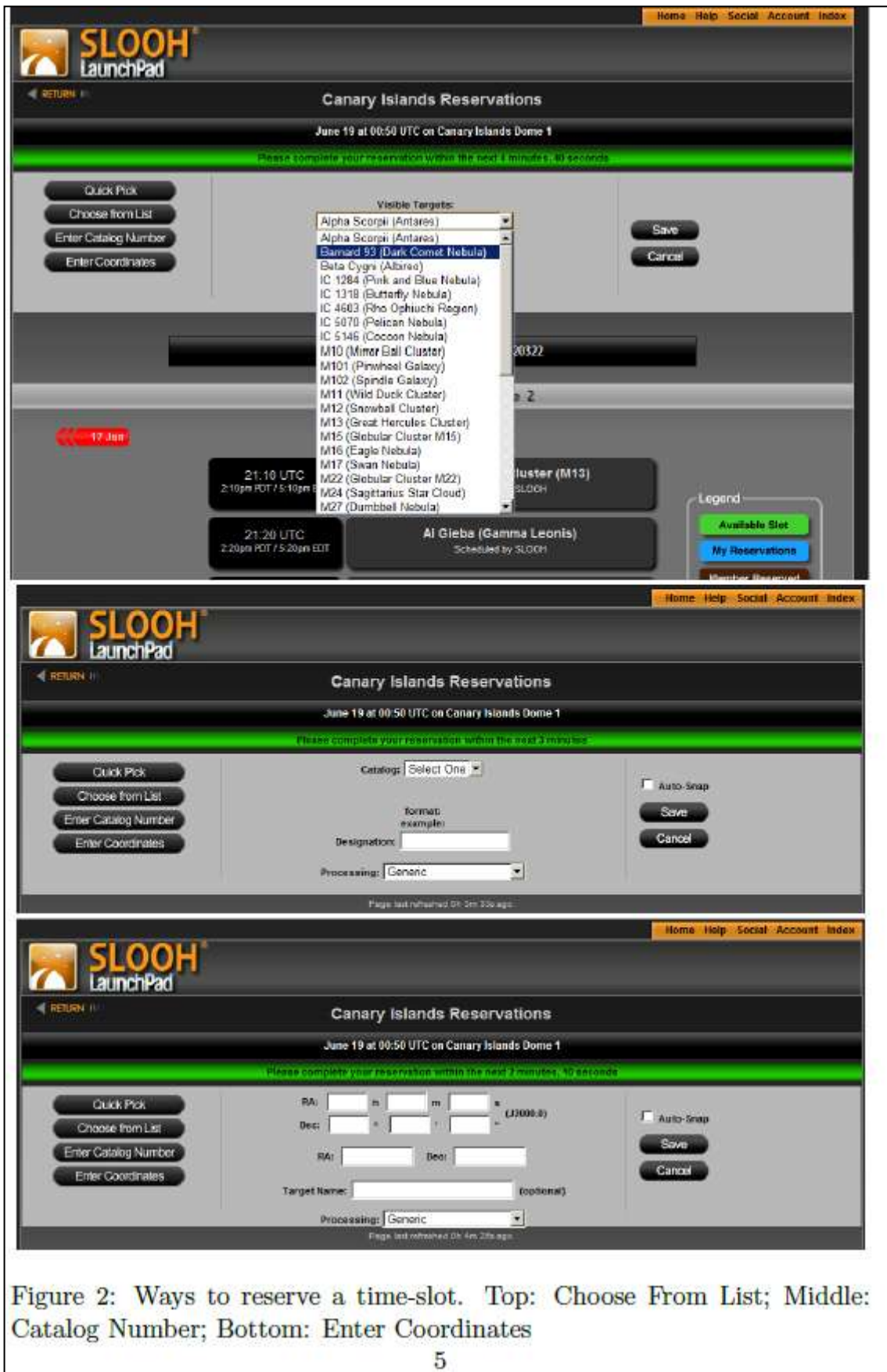


Figure 2: Ways to reserve a time-slot. Top: Choose From List; Middle: Catalog Number; Bottom: Enter Coordinates

‘RA/DE (J2000).’ Again, make sure that your chosen object is visible during the time-slot. After choosing, go to section 5.

Each method of requesting an object is different and has its advantages and disadvantages. Play around and see what works best for you.

5 Let’s Take Some Pictures!

You’ve finally reserved a time-slot and chosen an object that is visible (or joined someone’s mission). Now it’s time to take some pictures! When you click on the green JOIN MISSION button, a separate window will pop up. Once this window opens, YOUR MINUTES WILL START DEPLEATING. The left side of this window provides information about what you are looking at. In addition, there are other buttons at the bottom which you can explore. If you are ever stuck, the HELP button will guide you through many of the features.

The right side shows you the the field of view (FOV), or what the telescope can see. At about 2 o’clock, are three round buttons (small, medium, and large). These buttons controll the views: wide-field (small button), narrow-field (medium), and high-magnification (large). The middle button is not available in the CI1 Dome, so you should always use the high-magnification button to see your object.

At about 11 o’clock, there is a zoom slide which magnifies your FOV even more. This does not provide any detail, in fact, the quality gets more grainy as you zoom with this. But it is yours to play with and tinker.

At 3 o’clock is the image meter. This shows you the how far along (in %) you are in your 10-minute exposure. SLOOH is unique in the sense that it chooses filters and processes the image for you as it is exposing. Notice how the image changes as the 10 minutes progresses...

Lastly, at about 4 o’clock, is what you’ve been waiting for: The SNAP PICTURE button!! At any point during the 10 minutes while the picture is exposing, you may take a picture which will show up in MY PICTURES. You may only take THREE pictures during a mission. If you don’t like one of them, you may select it (one of the three white circles) and press DELETE PICTURE.

6 Retrieving Your Pictures

Go to MY PICTURES to find your most recent pictures. They are also organized by object type. Clicking on a particular picture it brings you to



Figure 3:

a new window. You can add optional information to the picture as well as upload it to Facebook or Twitter, delete it, or download it to your hard drive. I suggest downloading it.

6.1 Processing

Any pictures that come through a telescope are rarely perfect and often need to be improved. You can insert your picture into MS Word or MS PowerPoint and go to the **FORMAT** tab and select **CORRECTIONS** to make it just right! You can change the contrast and the color to highlight important features. This important and required step is called **IMAGE PROCESSING**.

To do even more than can be done with Word or PowerPoint, you can use any picture program, such as **PAINT** on a PC or **Gimp** on a Mac. You can put multiple images on a single **WORD** page or **PPT** slide to showcase all of the different images youve taken with a telescope.

$$s = \theta d, \tag{1}$$

where 's' is the objects TRUE SIZE, ' θ ' is the objects aparent size, and 'd' is the distance from Earth to the object. Refer to Figure 4 for a diagram of this relation. This phenomena is the same reason that mountains look smaller when they are on the horizon (far away), than when they are close to you.

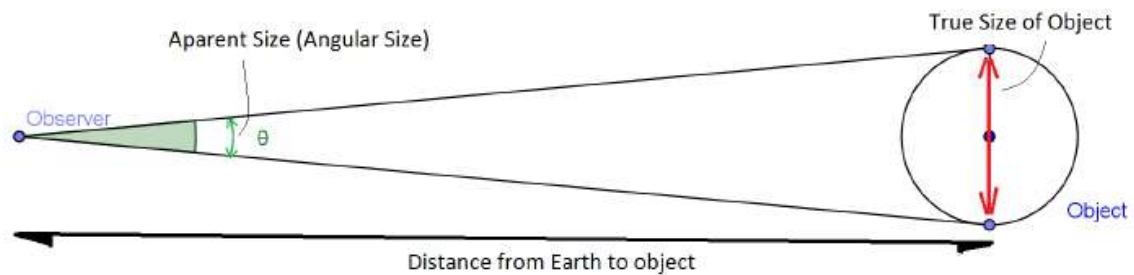


Figure 4: Relation among true size, aparent size, and distance of a far away object.

The only thing you need to remember is that your angular size MUST be in units of radians (r). Also, whatever units you use for 'd,' you will come out with the same units in 's.'

TASK: Join a mission which is looking at a galaxy. What is the galaxy's apparent size and distance? Determine the true size of the galaxy using equation (1). Compare your value to one which can be found in the Nasa Extragalactic Database (NED). See example below for details.

7.3.1 Example

For instance, last night, I observed NGC 3938, a face-on spiral galaxy. The apparent size of this galaxy is 300" (arcseconds is noted as "), and the distance from Earth is 54 Mly (million light years). My first job is to convert the angular size (θ) to radians, which is a unit of angle.

$$\theta = 300'' \frac{1^r}{206264''} = 0.001454^r \tag{2}$$

Now that the angular size is converted to the proper units, I can use this in equation (1):

$$s = (0.001454'')(54Mly) = 0.0785Mly = \underline{\underline{24.3kpc}} \quad (3)$$

Therefore, I calculate the true diameter of NGC 3938 to be 24.3 kpc (1pc = 3.26 ly). I can now compare this to values in the literature. The NASA Extragalactic Database (NED), has all sorts of data for thousands of deep-space objects.

<http://ned.ipac.caltech.edu/forms/byname.html>

I type in my object name 'NGC 3938' where it prompts for object name. After searching, I look for the second box down, 'INDEX for NGC3938.' There should be a link, 'Quick-Look Angular and Physical Size.' Click that, and I am looking for the column, 'Physical Major Axis (2a) [kpc]. If there is more than one entry, take the average. I find that NGC 3938 has an average diameter of 30 kpc. Compare this to my calculated value of 24.3 kpc. Pretty good, considering that this method is just a rough estimate!

7.4 Showcase Portfolio

To show off all the hard work you have spent learning how to use SLOOH and take pictures, I would like you to choose 5-8 of your favorite photos that you captured using SLOOH.

Organize the pictures into a portfolio (Flickr, powerpoint, poster, etc.) and also prepare an expository piece (poem, short story, video, 3-5minute talk, etc.) which describes interesting facts about your objects. We will show our portfolios in class on Elluminate at the end of Week4 MicroObservatory unit, Friday, 6/29, time TBD. Be as creative as you want with your portfolio and your expository piece! Just make sure that you will be able to submit your final product electronically. Contact me if you have any questions about format.

(NOTE: you will also make another portfolio for week 4, MicroObservatory, but you will only choose ONE to present on 6/29)

ESSAYS ON ECLIPSES, TRANSITS AND OCCULTATIONS AS TEACHING TOOLS IN THE INTRODUCTORY ASTRONOMY COLLEGE COURSE

Noella L. Dcruz¹

Abstract: We occasionally include projects in our learner-centered introductory astronomy college course to enable non-science major students explore some astronomical concepts in more detail than otherwise. Such projects also highlight ongoing or upcoming astronomical events. We hope that students will feel more interested in astronomy through projects tied to astronomical events. In Spring 2012, we offered short essays focused on eclipses, transits and occultations to promote the rare transit of Venus that occurred on June 5th, 2012. We asked students to write two short essays from three that were offered. The essays contained descriptive and conceptual parts. They were meant to serve as teaching tools. 62% of 106 essays from 55 students earned A, B or C grades. 21% of 47 feedback survey respondents felt the essays increased their interest in astronomy. 49% of respondents felt that the essays were not educationally beneficial and should not be offered again. The most common written response to our survey indicated that students need more guidance and better preparation in writing successful essays. Since students found the conceptual parts of the essays difficult, in the future we will provide relevant activities prior to essay deadlines to help students create successful essays.

Keywords: College non-majors; Research into teaching/learning; Teaching approaches; Essays; Solar system; Transits.

ENSAIOS SOBRE ECLIPSES, TRÂNSITOS E OCULTAÇÕES COMO FERRAMENTAS DE ENSINO EM UM CURSO UNIVERSITÁRIO INTRODUTÓRIO DE ASTRONOMIA

Resumo: Nós ocasionalmente incluímos projetos em nosso curso universitário introdutório centrado no aluno para permitir aos estudantes que pertencem às carreiras não científicas explorar alguns conceitos astronômicos em mais detalhes do que o normal. Tais projetos também enfatizam eventos astronômicos em curso ou futuros. Esperamos que os alunos se sintam mais interessados na astronomia através de projetos ligados a eventos astronômicos. No termo de Primavera de 2012 (EUA), propomos ensaios curtos focados em eclipses, trânsitos e ocultações para promover o raro trânsito de Vênus que ocorreu no dia 5 de junho de 2012. Pedimos aos alunos que escrevessem dois ensaios curtos dentre três que foram propostos. Os ensaios continham partes descritivas e conceituais. Eles foram feitos para servir como ferramentas de ensino. 62% de 106 ensaios de 55 alunos ganhou graus A, B ou C. 21% dos 47 entrevistados que responderam ao levantamento posterior sentiu que os ensaios aumentaram seu interesse na astronomia. 49% dos inquiridos consideraram que os ensaios não eram benéficos para a educação e que não devem ser propostos novamente. As respostas escritas mais comuns da nossa pesquisa indicaram que os alunos precisam de mais orientação e melhor preparação para escrever ensaios bem sucedidos. Como os alunos consideraram difíceis os aspectos conceituais dos ensaios, no futuro iremos fornecer atividades relevantes antes dos ensaios para ajudar os alunos a escrevê-los com sucesso.

Palavras-chave: Carreiras não científicas universitárias; Investigação sobre ensino/aprendizagem; Abordagens de ensino; Ensaio; Sistema Solar; Trânsitos.

¹ Department of Natural Sciences, Joliet Junior College. E-mail: <ndcruz@jjc.edu>.

ENSAYOS SOBRE ECLIPSES, TRÁNSITOS Y OCULTACIONES COMO HERRAMIENTAS DE ENSEÑANZA EN EL CURSO UNIVERSITARIO INTRODUCTORIO A LA ASTRONOMÍA

Resumen: Ocasionalmente, incluimos proyectos en nuestro curso de introducción a la astronomía universitario centrado en el alumno para permitir que los estudiantes de carreras no científicas exploren algunos conceptos astronómicos en más detalle que lo habitual. Estos proyectos también ponen en relevancia eventos astronómicos en curso o futuros. Esperamos que los estudiantes se sientan más interesados en la astronomía a través de proyectos vinculados a eventos astronómicos. En el período de primavera de 2012 (EUA), propusimos breves ensayos centrados en los eclipses, tránsitos y ocultaciones para promover el raro tránsito de Venus que se produjo el 5 de junio de 2012. Le pedimos a los estudiantes que escribieran dos ensayos cortos de tres que se proponían. Los ensayos contenían partes descriptivas y conceptuales. Los mismos estaban destinados a servir como herramientas de enseñanza. 62% de los 106 ensayos de 55 estudiantes obtuvo grados A, B o C. 21% de los 47 encuestados que respondieron al cuestionario posterior consideró que los ensayos aumentaron su interés por la astronomía. 49% de los encuestados consideró que los ensayos no eran educacionalmente útiles y que no deben ser propuestos de nuevo. Las respuestas escritas más comunes a nuestra encuesta indicaron que los estudiantes necesitan más orientación y una mejor preparación en la redacción de ensayos exitosos. Dado que los estudiantes encontraron las piezas conceptuales de los ensayos difíciles, en el futuro vamos a ofrecer actividades pertinentes antes de los plazos de redacción para ayudar a los estudiantes a crear ensayos de mayor calidad.

Palabras clave: Carreras universitarias no científicas; Investigación en la enseñanza/aprendizaje, Enfoques de enseñanza; Ensayos; Sistema Solar; Tránsitos.

1. Introduction

Joliet Junior College (JJC), a community college in Joliet, Illinois, USA, offers an introductory astronomy course aimed at non-science majors. Our introductory astronomy course involves a survey of astronomy in one semester via lecture only. In order to sign up for the introductory astronomy class, students need to be able to do basic arithmetic and to be able to be competent enough in English that they can enroll in the first course in college level English writing at JJC. Students who take this course have a wide spread in age, ranging from traditional age college students (18 – 22 years old) to older students. This course is one of several that students can choose from in order to fulfill their physical science requirement for their Associate's degree. (Community colleges in USA typically offer associate degrees, after completion of two years of a specific set of college courses. Students complete their Bachelor's degree at another institution.) Students can choose courses in other disciplines such as chemistry, physics, geography and geology besides astronomy to fulfill the physical science course requirement.

JJC offers the introductory astronomy course in face-to-face and online formats. In this paper, we are concerned with only the face-to-face format. We use a variety of teaching strategies to keep students engaged during class such as lecture-tutorials, think-pair-share questions, small group discussions and ranking tasks to keep students engaged during class. These have been proven to help students improve their understanding and mastery of astronomy concepts (SLATER; ADAMS, 2003). Outside of class, students do online quizzes and homework that mostly involves ranking tasks to further their learning.

Occasionally, we include projects in our astronomy course, so students can explore certain topics and associated concepts in more detail. In the past, we have offered group poster projects. Our students were not always able to meet with their group outside of class, and they felt this was the main concern with group projects (D'CRUZ, 2009). Because of this, in Spring 2012, we chose to offer individual short essays. Our essays were designed to have both descriptive and conceptual portions, and were intended to be teaching tools rather than projects that mainly involved gathering and presenting information.

We usually structure our projects around sky events and astronomy events that are in the news because students and the public tend to be more interested in the promoted topics. For example, total solar eclipses capture the attention of people all around the world, not just in the zone of totality (PASACHOFF, 2009; PASACHOFF, 2010). Both solar and lunar eclipses capture the interests of the general public and students because such events can be observed easily and they are highlighted in the news (BENNETT, *et al.*, 2012; LITTMANN; ESPENAK; WILLCOX, 2008). An astronomy event that was in the news a few years ago was the purported 400th anniversary of the invention of the telescope in 2008. We offered group projects focused on telescopes to commemorate this anniversary, in Spring 2008 (D'CRUZ, 2009).

In Spring 2012, we decided to focus our two sections of introductory astronomy around eclipses (which we always cover) and two other similar astronomical events called transits and occultations. The motivation for this was the rare event, “the transit of Venus,” that occurred on 5th June 2012 for the USA (ESPENAK, 2011; also available at <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/OH/transit12.html>); PASACHOFF, 2012). A transit occurs when an object that looks small on the sky passes in front of an object that looks larger on the sky (WINN, 2011). The smaller object appears as a black disk against the face of the larger object. It occurs when the Earth (or the observer) and two other astronomical objects happen to be in a straight line as they move in space. For example, an annular solar eclipse seen from the Earth can also be called the transit of the Moon across the Sun's disk. When an observer sees an apparently larger object obscure an apparently smaller one, the event is called an occultation (WINN, 2011; <http://www.occultations.org/>).

The previous transit of Venus occurred on Jun 8th 2004 (universal time), and the next one will occur on 11 Dec 2117 (ESPENAK, 2011), hence this is indeed a rare event. It is rare because Venus' orbit is inclined by 3.4 degrees to the Earth's orbital plane (ESPENAK, 2011). Venus travels through the Earth's orbital plane in early June and December, but the Earth does not line up with the Sun and Venus at those times because of the differing speeds with which Earth and Venus travel in their orbits around the Sun. The combination of the non-zero inclination of Venus' orbit and the differing orbital speeds of Earth and Venus causes the transit of Venus to recur with gaps of 8 years, 105.5 years, 8 years and 121.5 years currently (ESPENAK, 2011). Because the next transit of Venus will not occur in our lifetime, we felt it was essential to bring this exciting and rare event to the attention of our students in Spring 2012. The event could also be viewed from North America, weather permitting, so students could witness it for themselves if they wished.

The astrophysical significance of the transit of Venus is historical – it was used to measure the distance between the Earth and Sun (ESPENAK, 2011; PASACHOFF, 2012). Currently, radar measurements are far more accurate in determining this

distance; hence this transit event appears not be as scientifically important now. Pasachoff (2012) describes some current scientific studies that can be carried out during a transit such as learning about Venus' atmosphere.

Transits occur in other situations too, such as when one of Jupiter's moons passes in front of its disk e.g. <http://www.hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2004/30/>. Another situation that involves transits is in the detection of planets orbiting other stars (e.g. the Kepler mission, BORUCKI, 2010; <<http://kepler.nasa.gov>>). Such planets are called exoplanets or extrasolar planets. Exoplanets and their parent stars are too far from Earth to image the smaller planet passing in front of the larger parent star (which is the transit detection method discussed so far). Instead, the star's brightness is measured frequently, and the transit is detected photometrically when the star's brightness dims slightly as its planet passes in front of it (WINN, 2011). This dimming repeats after a time interval of one orbital period, indicating the presence of a planet. The frequent detection of transits these days, especially in the discovery of exoplanets, was another motivating factor in choosing the course theme.

To enable students to explore the course theme, we covered the topics in lecture, we included theme-related questions on the tests and final exam and we asked students to write two theme-related essays. Essays and writing assignments that focus on astronomy concepts are used in introductory astronomy classes to enable students to demonstrate mastery of the topics being taught and encourage students to think more deeply about these topics (GREENSTEIN, 2013; SLATER, 2008). Slater (2008) indicates that writing within a particular discipline is important because it helps with learning the content and it helps to develop the ability to communicate successfully within that discipline. Slater (2008) also mentions that students need substantial guidance with writing essays in order to be successful, and that writing assignments that take 5 minutes or less are easier to implement and therefore have been more successful than essays.

We use multiple-choice questions extensively in our class. Having theme-related essays allowed us to gain deeper insight into how students think about the theme because our essays included conceptual parts in addition to descriptive ones. We would not have been able to gather such extensive information about student learning and preconceptions regarding the theme concepts solely through multiple-choice questions.

At the beginning of the Spring 2012 semester, we had asked our students to sign a statement, which said that they allowed their responses to all parts of the class to be used and shared in studies such as this one. The statement also mentioned their responses would be kept confidential. Students were given the option of not signing the statement, and students who chose not to sign have not been included in this study.

This paper is organized as follows: Section 2 covers the astronomy and general education goals of this project. Section 3 explains the essay assignment details. Section 4 provides information on the submitted essays and suggestions for possible future modifications. Section 5 details feedback received from students regarding the essays. Section 6 explains how our students fared on test and final exam questions related to the course theme. Section 7 contains the implications for future essay offerings, and Section 8 contains our conclusions.

2. Astronomy and general education goals

Since the sky event we were focused on in Spring 2012 was the transit of Venus, we had three major goals for this project:

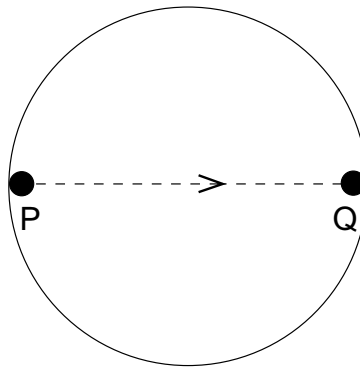
- Could students explain what is meant by the “transit of Venus?” (Goal Ia)
- Could students explain is meant by a transit, an occultation and an eclipse via lecture and essays? (Goal IIa)
- Would essays on transits, occultations and eclipses increase students’ interest in astronomy? (Goal III)

The first major goal of this project, Goal Ia, is tied to why the transit of Venus occurs rarely. So an associated goal was for students to know why the transit of Venus occurs rarely (Goal Ib).

Since the transit of Venus and transiting exoplanets were the main motivating factors behind the course theme, we decided to have our students learn about some of the factors that affect transits. Students were expected to learn the following in connection with our second major goal:

Goal IIb: what is meant by angular size of a spherical object and how it depends on the object’s radius, and distance from Earth.

Goal IIc: predict whether a transit will occur if the rotation period of the transiting object is altered or if the rotation period of the background object is altered, assuming all other parameters stayed unchanged; and to predict whether the duration of the transit will be altered if a transit does occur. The duration of the transit is illustrated in Figure 1.



Black dot = transiting object

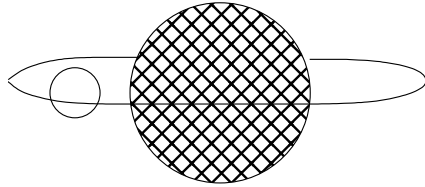
Large circle = background object

Figure 1: We define the duration of the transit to be the time taken for the transiting object to travel from point P to point Q of the background object as shown above.

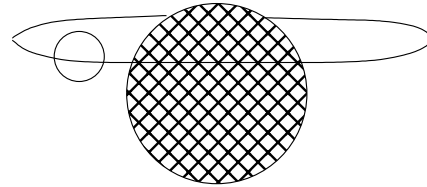
Goal IID: predict whether a transit will occur if the angular size of the transiting object is altered or if the angular size of the background object is altered, assuming all other parameters stay unchanged; and to predict whether the duration of the transit will be altered if a transit does occur.

Goal IIe: determine how the orientation of the orbit affects whether a transit occurs and how long it lasts if it does occur (see Figure 2).

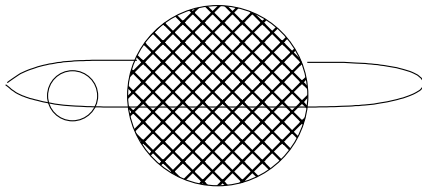
Original orbit is edge-on and lines up with larger object's diameter



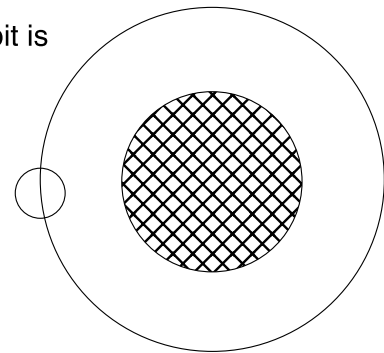
New orbit is edge-on, but does not line up with larger object's diameter



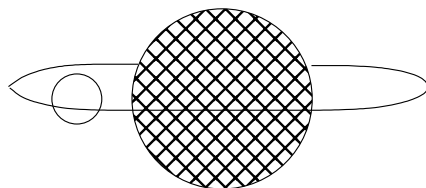
Original orbit is edge-on and lines up with larger object's diameter



New orbit is face-on



Original orbit is edge-on and lines up with larger object's diameter



New orbit is edge-on, at 90 degrees to original orbit and lines up with larger object's diameter

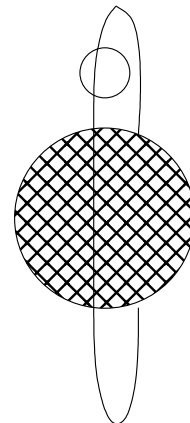


Figure 2: This figure shows a transiting object's original orbit on the left, and three altered orbits on the right. The small circle is the transiting object for all panels. The large hatched circle is the background object in all panels except for middle right, where both objects are the same distance from the observer. An edge-on orbit refers to one seen in side-view; a face-on orbit refers to one seen from above. Students were asked to predict if a transit would still occur for one of the altered orbits in Essay 1.

Goal IIif: predict whether changing a transiting exoplanet's rotation period, orbital radius or orbital period will alter the duration of the transit.

Goal IIg: predict whether changing a transiting exoplanet's rotation period, orbital radius or orbital period will alter the amount dimming of its parent star when the planet is completely in front of the star.

We aimed to achieve goal I through lecture, and goal II through background information provided during lecture and through essay assignments. We informed students that besides the essay assignments, a few test questions would be related to these goals in addition to our usual slate of questions on eclipses and exoplanets.

In order to predict how successful our students would be in correctly knowing and explaining the terms listed in Goals Ia and IIa, we relied on results from Prather *et al.* (2005). These authors studied the efficacy of learning in the introductory astronomy class via lecture only or lecture-tutorials. A lecture-tutorial is a structured, conceptual, workbook activity, that students complete during class and therefore can receive immediate feedback from their instructor. Prather, et al., find that 52% of questions in a 68-question survey are answered correct when students are taught solely through lecture, and that 72% of answers are correct when lecture is shortened and combined with in-class lecture tutorials. Since our students learned about Goal Ia through lecture and about Goal IIa through lecture, think-pair-share questions and out-of-class essays, we felt that if students scored at least 52% when explaining these two goals, we would be successful. Lightman and Sadler (1993) show that teachers tend to vastly overestimate the learning achieved by their students when they are asked to make similar predictions. This is why we tied our prediction to a robust study of learning in the introductory astronomy class, but we cannot tell how valid this cut-off is for this paper. There is no similar study on the efficacy of learning through essays in the introductory astronomy class as mentioned in Section 1. Therefore, we are unable to predict how well students would fare on Goal IIa through essays alone.

The third major goal of the project was to increase student interest in astronomy via essays. We were unable to predict the outcome of this goal because it is usually not possible to predict attitudes. But we obviously wanted a majority of students to have an increased interest in astronomy.

Goals I and II, and the standard goals of the introductory astronomy class (SLATER; ADAMS, 2003), help to develop students' logical and critical thinking skills. Critical thinking is one of the institutional general education goals of a science class for non-science majors at JJC. Essay assignments enable students to communicate via writing, which is another institutional general education goal of a class like this one. We do not assess these two general education goals specifically in this project, but students were able to practice the associated skills through the essays and conceptual questions outlined here. (General education goals at the college level in the US typically refer to skills associated with oral and written communication, quantitative literacy, scientific literacy and critical thinking. Some of these skills are common to multiple disciplines and are used frequently outside of formal educational settings. Hence, they are emphasized at the Associate's and Bachelor's degree levels in the US.)

Individual essay assignments had additional goals that are detailed in Section 3.

3. Details of Essay Assignments

Students were asked to submit two of the three essays described below. This allowed them some choice in essay topics and deadlines, and staggered our grading. We have found that assigning students at least two essays or two projects usually helps students develop the skills needed to gather and organize information for such assignments (D'CRUZ, 2009; SLATER, 2009). Since grading individual submissions requires considerable time commitment, we told students we would grade the first two essays they submitted.

We chose to assign individual essays because these do not rely on group effort. We have assigned group projects in the past, and have given students up to 90 minutes of class time per project to facilitate working in a group. However, students still needed to meet outside of class to complete their project, and it was difficult for many groups to find a common meeting time (D'CRUZ, 2009; D'CRUZ, 2010).

We also chose to assign short essays so that a small part of the course grade would be devoted to essays. These were not meant to be high stakes assignments. We actively encouraged all students to submit essays as related questions would appear on tests and the final exam.

Students were expected to submit essays that were 3 – 5 pages long, with double-spaced 12 pt font text, inclusive of bibliography (around 1200 – 1500 words). An additional page or two could be used for images. Each essay was worth 2.5% of the course grade. All essays had grading rubrics associated with them and detailed guidelines of what was expected of students. Students were given two weeks to complete an essay.

Students were informed that all essays would be checked for originality using turnitin, an anti-plagiarism service that JJC subscribes to (<http://www.turnitin.com>). They were asked to submit electronic versions of their essays directly to the turnitin dropbox available through the college's online learning management system.

The English pre-requisite for this course requires that students should have sufficient English skills to be able to sign up for the first English writing class required for an associate in arts and associate in science degrees. (JJC does not offer Bachelor's degrees.) We took this into consideration when designing the assignments. These assignments were not expected to produce research papers, however we did expect students to have a well-written introduction and conclusion, to break up their writing into paragraphs that flowed smoothly and to use correct grammar, spelling and punctuation. About one-third of each essay's grade was devoted to these basic English skills. Appendix A explains how the grading of English skills was separated from the grading of content.

Students were expected to provide a bibliography of their sources in the Modern Language Association (MLA) format, and to cite their sources within their essay. To assist students with this we directed them to Purdue University's Online Writing Lab guidelines on the MLA format (<http://owl.english.purdue.edu/owl/resource/747/01/>). When grading, we focused only on the bibliography, and assigned it full points if all sources were listed in sufficient detail whether or not they were in MLA format. We did not penalize students for not citing sources within their essays.

We were unable to grade drafts because there was insufficient time during the term to grade and return drafts while offering three essays. But we offered to read Essays 1 and 2 prior to submission so students could know whether or not their essay needed further work. Our handouts informed students that since no grade was being assigned at this time, there was no guarantee of a high grade if we said that their essay draft was good. We also did not check for plagiarism at this reading. Two of our students took advantage of this, and we feel this helped them to improve their essays.

However, during through the Spring 2012 semester, we encountered a student in our Life in the Universe class, where similar short essays were offered, who was displeased with this approach. We had told him that his essay was fine prior to submission, but we found the essay to be substantially plagiarized when we graded it, and therefore assigned it zero points. As a result, the student complained to our department chair and dean that our comments on his draft were misleading. Because of this student's complaint, we did not offer to read Essay 3 drafts from our introductory astronomy students, though we answered specific questions about the essay.

We also directed students to the college's writing and reading center for help with their essays. We did not ask students if they used this service.

3.1 Description of essays

3.1.1 Essay 1: Transits and Occultations involving solar system objects

The first essay was offered immediately after solar and lunar eclipses and angular size were covered in lecture. This assignment enabled students to become familiar with the terms transit, occultation, and angular size (goals IIa, b). For this essay, students were asked to describe a transit and an occultation event, excluding solar and lunar eclipses and transiting exoplanets. They were asked to search the "Astronomy Picture of the Day" website for these events and their descriptions (<http://apod.nasa.gov>) and to include photographs of the events in their essay. They could use other websites if they wished. We provided links to examples of each event from Astronomy Picture of the Day within the college's online learning management system, and explained how students could use the search feature on the Astronomy Picture of the Day website to search for transits and occultations.

The conceptual portion of the essay was twofold. Students were asked to predict whether a transit would still occur and whether its duration would be longer, shorter or remain unchanged if the angular size or rotation periods of the foreground and background objects were changed while everything else stayed unchanged (they needed to address only one of these four). The duration of the transit was defined as shown in Figure 1. They were also asked to predict whether a transit would still occur and whether its duration would be longer, shorter or remain unchanged if the orbital path of the apparently smaller object were altered as shown in Figure 2 (they needed to address only one of three options shown). These two "stand-alone" conceptual questions were designed to help them to master the geometry of transits and are related to goals IIa,b,c,d,e.

We also asked students to write about what might have not been clear to them (so we could help them with improving their understanding of these topics) and what more they would want to know about such events. This, along with the predictions, provided some uniqueness to submissions, which reduced the chance of plagiarized essays.

3.1.2 Essay 2: Spacecraft and Transits, Occultations and Eclipses

The second essay was offered after gravity, orbits and the electromagnetic spectrum were covered. This assignment asked students to describe a transit, occultation or eclipse event that was recorded by a spacecraft. Their event had to include at least one solar system object besides the spacecraft i.e. they could not choose a transiting exoplanet for this essay. They were asked to state in which part of the electromagnetic spectrum the event was recorded as part of their description.

Students were also asked to describe the scientific mission of the spacecraft, its orbital path and how it was maneuvered into its orbital path. The goals of this assignment involved goal IIa from Section 2 above (including identifying the three objects that were aligned in their event), learning about a spacecraft mission, the region of the electromagnetic spectrum that the spacecraft operates in and how a spacecraft is launched and directed to its destination. We explained how orbital paths are altered when this essay was given to students, and we directed them to the part of our textbook where this is covered (BENNETT *et al.*, 2012). We also asked them to include concepts associated with gravity such as gravitational force, acceleration, speed, velocity, etc. in this part of the essay to demonstrate their understanding of these concepts. This last part formed the conceptual portion of Essay 2.

We asked students to write about what may have been unclear to them about the science of their spacecraft and achieving the orbit of their spacecraft and/or what more they might wish to know about achieving the orbit of their spacecraft. This was done to deter plagiarism and for us to be aware of what difficulties students may have had.

We provided students with a list of transits, occultations and eclipses recorded by spacecraft, so students could be sure they picked an appropriate event for their essay. We provided links to the spacecraft websites, but allowed the students to search for information on the events on their own. This information was available through JJC's online learning management system.

3.1.3 Essay 3: Discovering Exoplanets using the Transit Method

The third essay assignment involved transiting exoplanets, and was offered after this topic was covered in lecture. Transiting exoplanets cannot be imaged like the events that Essays 1 and 2 involved, because the planet and its star are too far from Earth. Instead they are detected by the dip in the star's brightness when the planet is in front of the star (WINN, 2011). Since students had been introduced to transits during lecture and by doing at least one of the first two essays, we hoped they would feel comfortable exploring transiting exoplanets even though it is impossible with current instruments to obtain a photograph of the event.

Students were told to imagine that they had just discovered a transiting exoplanet and were excited to tell everyone about its discovery and properties. We asked students to choose a transiting exoplanet from the Exoplanet Encyclopedia (<http://www.exoplanet.eu>). In order to assist students, we provided a link to the Exoplanet Encyclopedia in JJC's learning management system and we showed students how to choose transiting exoplanets from this database.

Students were expected to briefly describe the experiment responsible for their planet's discovery and to identify the part of the electromagnetic spectrum that the experiment used in the discovery. We directed students to the list of exoplanet experiment websites maintained by the Exoplanet Encyclopedia website, so they could find the pertinent information for their exoplanet.

The assignment asked them to indicate whether the exoplanet is in the Milky Way galaxy or outside of it. They also had to include the exoplanet's orbital and physical properties; a table of this information was sufficient. They were asked to compare the shape and size of their exoplanet's orbit to the orbit of a solar system planet, so that the reader could have some insight into the exoplanet's orbital size and shape. This gave students a chance to revise Kepler's first and second laws of orbital motion, and properties of an ellipse such as eccentricity, focus, variation of orbital speed within an elliptical orbit, etc. (BENNETT *et al.*, 2012). The assignment asked whether the chosen exoplanet was jovian (Jupiter-like) or terrestrial (Earth-like) or neither, and to explain how they arrived at their choice. Properties of jovian and terrestrial planets had been discussed in detail when we covered our solar system during lecture (BENNETT *et al.*, 2012). This was an opportunity for students to explore these types of planets further.

In order to help students grasp the transit technique in the context of exoplanets, we asked students to predict how the transit duration and the parent star's brightness during the transit would change if the orbital period, orbital radius or rotation period of the planet were changed (they needed to address only one of the latter three). These questions were related to goals IIb, e.g., and Kepler's third law of orbital motion (BENNETT *et al.*, 2012). They were also asked to write about what more they would like to know about their exoplanet, its star and its discovery and what may not have been clear to them about the discovery of the exoplanet. This last part, together with the conceptual questions, also served to reduce the chance of plagiarized submissions.

3.2 Grading of Essays

Grading of each required item in an essay was done on a very good, satisfactory, unsatisfactory basis, usually using a 3, 2, 1 point scale. With this scale, it was not possible to earn a zero for it unless the essay was substantially plagiarized or a student did not turn in an essay. Also, if an essay contained one or two minor errors, it was possible for the student to earn 100% with this grading scale. As mentioned above, about one-third of the points were for appropriate English language usage including writing a good introduction and conclusion using the same scale. Detailed rubrics are available on request.

4. Overview of essay submissions and possible future modifications

63 students completed the course. We received 106 essays from 55 students. Of these, 23 were Essay 1 submissions, 37 were Essay 2 submissions and 46 were Essay 3 submissions. 8 students did not submit essays, and 4 submitted one essay only.

The grade distribution of the average essay score (the average of two essay scores) was as follows: A = 21.7%, B = 21.7%, C = 19%, D = 15% and F = 22.6%. The distribution of letter grades for each essay is shown in Table 1. The course grade distribution is shown in Table 2 for students who did each essay and for all students who completed the course. For all of these distributions we used the following grade scale: A = 88% to 100%; B = 78 to 87.99%; C = 68 to 77.99%; D = 58 to 67.99%; F < 58%. We elaborate further on these distributions in Section 4.5 below.

Essay Letter Grade	Essay 1 (n=23)	Essay 2 (n=37)	Essay 3 (n=46)
A (88% to 100%)	56.5%	16.2%	17%
B (78 to 87.99%)	13%	32.4%	9%
C (68 to 77.99%)	21.7%	13.5%	24%
D (58 to 67.99%)	8.7%	16.2%	17%
F (< 58%)	0%	21.6%	33%

Table 1: Percentage of students scoring A, B, C, D, F grades for Essays 1, 2 and 3. The number of students who submitted each essay is shown in brackets in row 1. The conversion of percentages to letter grades is shown in brackets in the leftmost column and at the beginning of Section 4. The percentages in each column may not add up to 100% because of rounding.

Course Letter Grade	Course grade for Essay 1 submitters (n=23)	Course grade for Essay 2 submitters (n=37)	Course grade for Essay 3 submitters (n=46)	Course grade for all students (n=63)
A	26.1%	13.5%	10.9%	12.7%
B	26.1%	21.6%	21.7%	20.6%
C	30.4%	35.1%	37.0%	36.5%
D	17.4%	27.0%	26.1%	23.8%
F	0%	2.7%	4.3%	6.3%

Table 2: The distribution of course grades for students who did Essays 1, 2 and 3 and for all students who completed the course are shown as percentages. The number of students involved in each column is shown in brackets. The percentages in each column may not add to 100% because of rounding. The letter grade ranges are given in Table 1 and at the beginning of Section 4.

Two essays were substantially plagiarized i.e. over 60% of the essay content and bibliography matched sources according to turnitin.com, and a third essay was 48% plagiarized. The two students involved were warned that their first essay submissions violated JJC’s Academic Honor Code. The substantially plagiarized essay earned a zero, while the 48% plagiarized essay was penalized 48%. The students were informed that a second plagiarized submission would be reported to the college. They were also given a

copy of the turnitin.com match so they were aware of why their essay was considered plagiarized. One of these two students submitted a second essay that was substantially plagiarized, and was reported to the college for violating JJC's Academic Honor Code. This essay was also given a score of zero.

We note that the English language writing skills (grammar, spelling, punctuation, flow, formatting, introduction and conclusion, etc.) of our students averaged 85% in Essay 1, 73% in Essay 2 and 70% in Essay 3. While the scores for Essays 2 and 3 are satisfactory, these could be improved. However, within the scope of this course, it would not be possible for us to spend class time or provide detailed guidance on this.

All essays contained descriptive and conceptual portions. The descriptive parts had concepts embedded in them, but for the details presented below and in the rest of the paper, when we mention conceptual questions, we are referring to the "stand-alone" conceptual questions in Essays 1 and 3 detailed above, not the ones that were part of the descriptive portion. We also refer to writing about gravity related concepts in Essay 2 as the "conceptual" part of this essay.

4.1 Review of Essay 1 submissions

Essay 1 met with the greatest success. The average score was 86% for this essay. 22% of the essay score was for conceptual questions, and students averaged 75% on this. Students did extremely well on the descriptive part of the essay (Goal IIa dominated this part), averaging 90%, indicating that they felt very confident explaining what is a transit and an occultation.

91% of students (21 of 23) were able to easily understand how the orientation of the orbit affects whether a transit occurs or not (see Figure 2 and goal IIe), though they did not all address how the transit duration would change. 55% of those who did were correct (6 of 11).

The effect of rotation period or angular size on the transit and its duration (goals IIc, IIId) had very few correct responses. 14% of responses (3 of 22) correctly indicated that rotation period does not affect the transit or its duration, and two of these three students included excellent descriptions of how to distinguish rotation from orbital motion. 27% of responses (6 of 22) addressed how the angular size of either object affects the transit and all were correct. Half of these students correctly explained how the transit duration changes with angular size; the other half did not address this part. 27% of responses (6 of 22) showed that students were unable to distinguish between rotational and orbital motion, and therefore were not able to respond correctly. We had not anticipated this; otherwise we would have provided some pre-emptive guidance ahead of time. 27% of responses were unclear (6 of 22). 4.5% of responses (1 of 22) attempted to incorrectly use the angle between Earth's orbit and the transiting object's orbit as the angular size of the transiting object. One student, out of the 23 who did this essay, did not address this question.

In the future, in addition to explaining the difference between rotational and orbital motions, we could have an in-class activity covering the conceptual questions of Essay 1 prior to the deadline. We could follow this up with an online quiz administered through the college's online learning management system that closes at least a week

before the essay deadline. This would allow students to practice and develop confidence with these concepts before turning in the essay.

4.2 Review of Essay 2 submissions

The average score for Essay 2 was 70%. Students had considerable difficulty with including concepts related to gravitational force, acceleration, speed and velocity in their essay. This formed 19% of the essay score, and students averaged 57% for this, mainly because several of them did not include some examples of gravity or speed in their essays. They were able to do well on the rest of the essay and their scores averaged 74% here. Students averaged 73% when describing their event i.e. the portion of the essay that involved Goal IIa. Hence Goal IIa met with success in Essay 2.

We covered gravity concepts through lecture, accompanied by existing activities (lecture tutorial, think-pair-share questions, ranking tasks). However, it is clear that this coverage is not sufficient in helping students to write about the concepts. Here is an example of what we expect if a student chose the Cassini spacecraft: “The gravitational force between Earth and the Cassini spacecraft when 10 km separates them is smaller than between Saturn and Cassini when they are 10 km apart because Earth is lighter than Saturn.”

In the future, we will spend some class time helping students demonstrate their understanding of these concepts through writing. We could provide students with examples. Then students could draft what they plan to include in their essay. We could spend 60 minutes of class time, divided over two classes to review these drafts so students are appropriately prepared to address this part of the essay. Helping students with writing scientific concepts could help them to more deeply understand and retain these concepts, so it would be worthwhile to spend class time on this (GREENSTEIN, 2013; SLATER, 2008).

4.3 Review of Essay 3 submissions

The average score for Essay 3 was 67%. Students averaged 74% on the descriptive parts of the essays, which is good. They averaged 70% on the part that included Goal IIa, indicating that this goal met with success. On concepts related to Kepler’s laws, jovian and terrestrial planets and transits, students averaged 56%. These conceptual questions made up 34% of the essay grade.

Around half the students addressed how the shape and size of their planet’s orbit compared to that of a solar system planet (Kepler’s 1st Law for shape and size, and Kepler’s 2nd Law for shape). Most of these gave excellent comparisons. 72% (33 of 46) addressed whether or not their planets is terrestrial or jovian. About 76% (25 of 33) of these students could correctly classify their planet as terrestrial or jovian, and around half of these provided compelling explanations for their choice using the size and masses of their planets.

The above numbers indicate that students need some help in order to be more successful with these two parts of the essay. Perhaps they could be given examples of what would be suitable to write and/or some prior practice with this. Alternatively, this part could be re-worded so that the student is asked to imagine visiting their exoplanet.

Then they can describe what they experience as the planet rotates and orbits, whether they experience seasons, whether they could stand on the surface of the planet, whether their planet has an atmosphere and whether they could withstand the temperature at the surface of the planet. As long as they correctly addressed at least three of these very well and compare them to the Earth or a solar system planet of their choosing, they would receive full points. Such an approach might appeal more to students and could help them with turning in better essays. It would also serve to keep the chance of plagiarized submissions low.

With the transit duration related question in Essay 3, there were 48 responses from 41 students; 4 students addressed more than one of the options presented and 5 did not address this. 66% of responses (35 of 48) for this part of the essay were correct, which is very encouraging. 62.5% of responses (30 of 48) addressed how the transit duration is affected by increasing the orbital period (Goal IIf). 73% of these answers (22 of 30) were correct – the transit duration increases because the orbital speed decreases when the orbital period increases according to Kepler's 3rd Law. All responses explaining the effect a decrease in orbital radius has on transit duration (17% or 8 of 48) were correct – the transit takes less time because the planet orbits faster when closer to the star according to Kepler's 3rd Law (Goal IIf). 12.5% of responses (6 of 48) involved the option related to the planet's rotation period (Goal IIf). 83% (5 of 6) of these correctly answered that increasing the rotation period of the planet does not affect transit duration. The remaining 8% of responses (4 of 48) contained answers that were unclear.

When addressing what affects the dimming of the star during the transit for the options provided, 39 students provided one response each, while 15% of students who did this essay (7 of 46) did not attempt this question. 36% of the responses were correct (14 of 39), which is disappointing (Goal IIg). 13% of responses (5 of 39) were unclear. 23% of responses (9 of 39) addressed the increase in rotation period of the planet, and all of these students correctly noted that rotation period does not affect the dimming of the star. The other two options made up 64% of responses (25 of 39). 21% of responses related to the effect of decreasing orbital radius on the star's dimming during a transit, (3 of 14), correctly explained that the star's brightness drops less when the planet's orbital radius is decreased because the planet's angular size decreases for the observer. 18% of responses involving the effect of an increase in orbital period on stellar dimming during a transit, (2 of 11), correctly indicated that the star's brightness is dimmed more when the planet's orbital period increases because the planet's angular size increases for the observer.

This last question is possibly the least successful of the conceptual questions. 21% of responses (8 of 39) indicated that the question was interpreted as asking for how much time the star's dimming is affected, not how the intensity of the dimming changes, despite having a figure included in the handout to accompany this question. Such an interpretation allowed students to arrive at the correct answer for the wrong reasons – something that would not have been revealed if this were presented as a multiple-choice question. Perhaps this question should be removed from the essay assignment and offered as an in class activity, and/or re-worded.

As with the transit related concepts in Essay 1, if we provided students with practice with the concepts in Essay 3 ahead of time, it is likely that more of them would

be able to arrive at the correct conclusions to include in their essays. We could provide examples in the essay handout and/or we can have students do similar questions in class so students know what is expected of them. We could offer quizzes administered through the course learning management system at least a week prior to the essay deadline to follow up on activities done in class. We could also couple these with reducing the number of conceptual questions in the essays (e.g. remove the one about the dimming of the star in Essay 3). Given that other course material needs to be covered during the semester, it may not be possible to devote class time to all of the concepts we have included in Essays 1 and 3, and we would adjust the essays accordingly.

4.4 What did students learn from the essays?

From these essays, we find that students successfully learned about what is a transit, what is an eclipse and what is an occultation, and they recognized that two objects and the Earth (or a spacecraft) need to be aligned in order to observe such events (Goal IIa). They also understood how the orientation of the orbit on the sky affects the occurrence of transits (Goal IIe).

Around a quarter of the students were unable to distinguish between rotational motion and orbital motion in Essay 1, though not all students chose to address the concept of rotation period, so this is a lower limit. After Essay 1 submissions were returned to students, we explained to all students the difference in these two motions with demonstrations, including asking students to stand and spin in place to emphasize rotation. It is encouraging to note that this confusion was reduced to 2% in Essay 3, though again this is a lower limit since not all students chose to address the effects of rotation period on transit duration and decrease in stellar brightness during the transit.

4.5 Determining the difficulty level of the essays

Table 1 shows the break down of essay grades for the three essays, and Table 2 shows the distribution of course grades for students who did each essay as well as the overall course grade distribution. The course grade distributions for students doing Essays 2 and 3 are similar, and these are similar to the course grade distribution of all 63 students who completed the course. The course grade distribution for Essay 1 contains more As and Bs compared to the same distributions of those who did Essays 2 and 3. Therefore, it is not unexpected that Essay 1 has the highest average score. However, we cannot conclude that Essay 1 is the easiest essay based on the essay grade distribution.

Since students found the conceptual portion of each essay the most difficult, we will use the fraction of the essay score allocated to “stand-alone” concepts as the criterion that determines the difficulty level of each essay. 22% of Essay 1’s score was assigned to concepts, and 19% of Essay 2’s score was assigned to concepts. Since almost the same percentage of both essays was allocated to concepts, we can assume that the difficulty level of these two essays is comparable. The fact that the average score of Essay 1 submitters was much higher than that of Essay 2 submitters can therefore be attributed to the difference in abilities between the groups of students who did these essays. We clearly see this difference in their course grade distribution in

Table 2. There were 8 students who did both essays, and their average scores were comparable, at 87%. However, this is not a large enough sample from which to draw conclusions about how the essays compare in difficulty. We will conclude solely from the fraction of the score allocated to concepts that the two essays are likely to be comparable in difficulty.

Essay 3 had 34% of its score assigned to concepts, which is a lot more than for either of the other essays. This would indicate that Essay 3 was the hardest of the essays, though we did not intentionally make this essay the hardest. We had not anticipated that students would find all of the concepts in this essay so challenging, otherwise we have reduced the number of concepts before offering this essay. The distribution of course grades for students doing Essay 3 is similar to those who did Essay 2. However, Essay 3 scores show that 50% of the scores are As, Bs and Cs, compared to 62% for Essay 2 scores. This is another indication that Essay 3 was more difficult than the others.

In the case of Essays 2 and 3, 29 students did both, and their average scores were 67% for Essay 2 and 66% for Essay 3. This does not agree with the argument that the essays have differing difficulty. But the averages are close because some of the students who did both essays improved from Essay 2 to 3, while others did worse on Essay 3 than Essay 2, and the rest stayed unchanged. We had 14 students who did Essays 1 and 3, and their scores averaged 85% and 72% respectively. This does point to Essay 3 being more difficult, but since the sample size is small, it would not be reliable to draw conclusions from.

Hence, we use the fact that Essay 3 had a larger number of concepts and that fewer students earned As, Bs and Cs in this essay compared to Essay 2 (with both groups of students performing similarly in the course) to conclude that Essay 3 was the hardest of the three essays. We did not intend to make this essay more difficult than the others.

5. Students' attitudes towards essays

We constructed a feedback survey on the essay assignments to find out how students felt about them, so that future essay assignments could be better structured. The survey contained five statements, which requested responses of "Yes," "No", or "Maybe." The survey contained a sixth and final question requesting a written response. 47 students responded to the survey, including two who did not submit essays.

We told students that participation in the survey was voluntary, and that their responses would not be tied to their names. We offered a small amount of extra credit for participating as the survey was done outside of class, through the college's online learning management system.

45 out of 55 students who submitted essays provided us with feedback. The course and essay grade distribution of these 45 students are almost identical to the same distributions for all those who submitted essays. This, combined with the fact the sample size is reasonably large, leads us to conclude that the responses received do not have any *a priori* bias.

The results of how students felt about the five statements are shown in Table 3.

How do you feel about the statements in questions 1 – 5?	Yes	No	Maybe
Q1. The essay handouts contained sufficient details about what your instructor expected.	66%	17%	17%
Q2. The essay grading rubrics were fair.	70.2%	23.4%	6.4%
Q3. I felt that the essays increased my interest in astronomy.	21.3%	57.4%	21.3%
Q4. The educational value of essays is such that I would recommend them in future offerings of this course.	27.7%	48.9%	23.4%
Q5. I would like to witness the transit of Venus on 5th June 2012 if the weather and my schedule permit. The transit starts at 5:10pm. The Sun sets before it ends.	63.8%	14.9%	21.3%

Table 3: Student responses to the first five questions of the essay feedback survey. Students were asked how they felt about the five statements listed above.

Two-thirds of students said the handouts provide sufficient information to create their essays, and 70% find the grading rubrics to be fair. This is encouraging.

We feel that our most significant results from these questions is that 21% of students felt the essays increased their interest in astronomy, and that 49% of students felt that the essays were not educationally beneficial to offer in the future. From Table 1, we see that students who did Essay 1 earned a greater fraction of As, Bs and Cs in this essay compared to those who did Essays 2 and 3. We also can tell from comparing Tables 1 and 2, that for Essays 2 and 3, more students scored lower on essays than in other parts of the course, indicating that the essays were more challenging than other parts of the course. Since there were more students who did Essays 2 and 3, it is likely that 28% of students would find the essays educationally beneficial, 21% would feel that the essays increased their interest in astronomy, and a majority would feel the opposite way.

Table 4, shows the average essay grade distribution of our 47 survey respondents both as percentage and raw numbers in the second row. The table also shows the percentage of students responding “Yes,” “No” and “Maybe” to questions 3 and 4 of the survey for each essay letter grade.

In the case of question 3, the influence of essays on student interest in astronomy, 21% of students report an increase in interest in astronomy across all grades i.e. students who scored higher in essays did not feel more interested in astronomy than those who scored lower. This probably indicates that it might be difficult to increase interest in astronomy through this particular set of essays, or through essays that emphasize concepts.

Around 40% of those with higher grades find the essays to be educationally beneficial according to Table 4. 22% of those earning D grades find the essays to be educationally beneficial and this drops to zero for the group of students who earned failing essay grades. If more students could earn higher grades for their essays, it is possible that a majority of students would find the essays educationally beneficial and recommend them to be offered to future introductory astronomy students instead of just 28%.

Average Essay Grade	A	B	C	D	F
Percentage of survey respondents, with number of respondents in brackets.	19% (n=9)	28% (n=13)	11% (n=5)	19% (n=9)	23% (n=11)
<i>Yes, No, Maybe percentages for Q3 of survey, "I felt that the essays increased my interest in astronomy," for each essay grade</i>	22.2%, 33.3%, 44.4%	23%, 38.5%, 38.5%	20%, 60%, 20%	22%, 78%, 0%	18%, 82%, 0%
<i>Yes, No, Maybe percentages for Q4 of survey, "The educational value of essays is such that I would recommend them in future offerings of this course," for each essay grade</i>	44.4%, 22.2%, 33.3%	38.5%, 46.2%, 15.4%	40%, 20%, 40%	22.2%, 66.6%, 11.1%	0%, 72.7%, 27.2%

Table 4: The distribution of average essay grades for two essays for all survey respondents is shown in the second row as percentages, along with the number of respondents in each grade. The breakdown of Yes, No, Maybe responses for questions 3 and 4 from the essay feedback survey for each essay letter grade are shown as percentages in the third and fourth rows respectively. The percentages in each cell of rows 3 and 4 may not add to 100% because of rounding.

In Spring 2008, when we asked our students to do two group poster projects on telescopes, a majority of students, around 45%, felt the projects were educationally beneficial and should be offered again. This compares well with how those who earned As, Bs and Cs on essays in Spring 2012 feel. A majority of our Spring 2008 students, around 40%, also felt that the projects increased their interest in astronomy. The projects in Spring 2008 were less conceptually oriented than the ones presented here and they featured a different topic, so at least these two factors would have affected their interest in astronomy (D'CRUZ, 2009). Perhaps working in groups was also beneficial to students versus working individually.

Our survey indicates that 64% of students would have liked to view the 2012 transit of Venus, which is encouraging. When the event neared, we informed students about the opportunity to view the transit at Joliet Junior College. However, since the semester had ended a few weeks earlier, only one student came to the viewing event.

5.1 Responses to the sixth survey question

The sixth and last survey question was:

"Q6. What is the most important thing the instructor needs to know before assigning similar essays next semester in order to improve the assignments?"

44 respondents wrote 68 comments for this question. The main trends of the comments are:

- A. 28% of the comments indicated that expectations need to be made clearer, there needs to be less requirements, instructions need to be simplified and students need to be prepared better to meet the expectations. 66% of students felt the handouts clearly explained the expectations according to the first question in the survey, which is inconsistent with these comments. However, it is clear that some students

needed help in constructing their essays, and that some students found the essays to be more difficult than other parts of the course. In Section 4, we mentioned that we would provide students with suitable activities to prepare them for at least the conceptual parts of the essays in the future. Two comments suggested that example essays be provided so that students have a better idea of expectations. This can also be done in the future. We hope that these alterations will help students to be better prepared to write essays.

- B. 10% of the comments indicated that the essays are fine as is and expectations are clear. This is reassuring.
- C. 6% of comments indicated that other essay topics should be considered. The particular theme we chose for Spring 2012 resulted in essay topics that were somewhat narrowly focused. We can certainly provide a wider range of topics for future essays.
- D. 6% of comments indicated that our grading should be more lenient. We reported in Table 3 that 70% of students found the grading rubrics to be fair, which is at odds with these comments. We do not feel the grading was biased against students as over 62% of essays were assigned A, B, or C grades. However, as mentioned in Section 4, Essay 3 unintentionally turned out to be the hardest of the three, with the other two being comparable. Since more students did Essay 3 than the other two, it is likely that some students would feel the grading was not lenient. A comment related to this concern mentioned that we should remind students of essay requirements so they can check whether their essays contain the necessary pieces prior to submission. This student also wrote that the reminder could reduce the displeasure some felt upon receiving their essay grade. Since the handouts contain the requirements and grading rubrics, providing such a reminder can be easily done in the future.
- E. The remaining 50% of comments covered a wide variety of topics. Perhaps the most relevant of these to future essay offerings were to make each essay worth more than 2.5% of the course grade and to provide more time to complete the essays.

6. Test and final exam questions related to course theme

6.1 Test questions related to course theme

We wanted all students to be able to master goals I and II, that were described in Section 2. But since goal I was not included in the essays, and since not all students did all the essays, we felt that the inclusion of a few related questions on tests and final exams would be a reasonable way to assess their mastery of these goals. We put theme related questions on our tests only after returning graded essays and providing students with feedback on them. As a result, we could include four theme-related multiple-choice questions on only the second test, because we had graded and returned only Essay 1 at this time. (Our tests and final exam contain only multiple-choice questions.)

The test questions addressed goals IIa and IIb. We always have questions on solar and lunar eclipses, and on exoplanets on our tests, so we report here only on the additional questions that were connected to the course theme. The questions and the percentage of students who answered them correctly are given below:

1. The Moon's orbital distance from the Earth is slowly increasing. The Moon's angular size in the future will be larger/smaller/unchanged compared to currently. (Goal IIb)
48% answered this question correctly, stating the angular size will be smaller.
2. Which of the following best describes an occultation? (Goal IIa)
 - (a) an object of smaller angular size passes in front of an object of larger angular size
 - (b) an object of larger angular size passes in front of an object of smaller angular size
 - (c) a lighter object passes in front of a heavier object
 - (d) a heavier object passes in front of a lighter object67% correctly chose (b)
3. During an annular solar eclipse, the Moon has a smaller angular size than the Sun, and is unable to completely block out the Sun. This type of eclipse could also be called (Goal IIa)
 - (a) a transit of the Moon
 - (b) an occultation of the Moon
 - (c) a transit of the Sun
 - (d) an occultation of the Sun49% correctly chose (a)
4. What effect or effects would be most significant if the Moon's orbital plane were exactly the same as the Earth's orbital plane? (Goal IIb)
 - (a) Solar eclipses would be much rarer.
 - (b) Solar eclipses would be much more frequent.
 - (c) Solar eclipses would occur with the same frequency as currently.88% of students correctly answered (b).

6.2. Transit related final exam questions

Since we wished to highlight the transit of Venus during the course, we felt that the final exam should contain questions regarding this topic (goal I). We also included questions related to goal II. The final exam was comprehensive, which meant we were limited to including five multiple-choice questions addressing these items. These were in addition to our regular coverage of eclipses and exoplanets. To help students prepare for this part of the exam, we provided a practice quiz with similar multiple-choice questions through our learning management system. Students could attempt this quiz as many times as they wished before the exam. There were 6 submissions from 4 students for this quiz. 62 students did the final exam, out of 63 who completed the course.

Between 72% and 82% of students answered the following final exam questions correctly (the exact wording of the questions is available upon request):

- (a) What is meant by the transit of Venus? (Goal Ia)
- (b) How does Venus' angular size change as its distance from Earth decreases? (Goal IIb)
- (c) How does the time taken for Jupiter's moon, Io, to transit across Jupiter's diameter change when Jupiter's rotation period is increased, assuming everything else stays unchanged? (Goal IIc)
- (d) If Io's orbital radius increased while Io is centered on Jupiter, will it block more/less/the same amount of Jupiter's disk, assuming everything else stays unchanged? (Io is a moon of Jupiter.) (Goal IIg)

52% of students were able to correctly answer why the transit of Venus occurs so rarely (Goals Ib). The question focused on the fact that Venus' orbit is inclined to the Earth's orbital plane, not on the relative orbital speeds of Earth and Venus (we did not emphasize the latter much in our class). Since students had done very well on the test question concerning the effect of the inclination of the Moon's orbit on the frequency of solar eclipses, we had hoped that they would extend that knowledge to explain the rarity of the transit of Venus. However, this was not the case.

The test and final exam questions showed that students were easily able to comprehend what is meant by a transit and occultation and that their understanding of how the angular size of an object depends on distance improved over the course of the semester.

7. Implications for future essay offerings

Sections 4 and 5 have shown that writing about concepts at a level that demonstrates deep conceptual learning is difficult. The stand-alone transit concepts included in the essays required more guidance and practice than was provided through our brief lectures in order for students to master them. We will provide suitable activities in the future to help students feel more comfortable and confident with these concepts when constructing their essays. Concepts like Kepler's Laws and gravitational force were covered through lecture tutorials, think-pair-share questions, and ranking tasks. When students were asked to demonstrate their understanding of these through writing, there were several who were not ready for these, as most of our usual assessments do not involve writing in such a manner. In the future, we would offer students more guidance and practice with writing about scientific concepts.

Based on the results presented, we feel that we can suitably modify the essay assignments so more future students find them to be educationally beneficial and more can be persuaded to increase their interest in astronomy through the essays. We feel that while essays can be challenging, offering such writing assignments helps students to think about astronomy topics and concepts more deeply (GREENSTEIN, 2013; SLATER, 2008) and they complement the other learner-centered activities that our students do (lecture tutorials, think-pair-share questions, ranking tasks, etc.). However, one has to consider how much course time can be devoted to a course theme versus the rest of the topics that need to be covered, and this would limit the number of theme-related concepts that could be explored.

In the future, when such essays are offered, if more class time is to be spent on concepts and how to incorporate them into essays, it may be better to offer only two essays instead of three, and have all students do both. Fewer additional in-class activities will be needed and regular coverage of course topics will be minimally impacted if only two essays are offered. Another advantage is that students can be given more than two weeks to work on an essay. Pushing back the deadline will ensure sufficient time for relevant in-class activities prior to submission.

We also recognize that we unintentionally made Essay 3 more difficult than Essays 1 and 2. (Essays 1 and 2 are probably comparable in difficulty.) In the future, we will attempt to keep the difficulty level of the essays comparable by keeping around 20 – 25% of the essay score or less for conceptual questions, and not ask students to address too many of these within a single essay.

We will also allocate more of the course grade to essays so that students recognize the need to devote sufficient time and effort to them in order to earn a score of C or higher. They will feel better rewarded for the time and effort they put into such projects if they form a larger part of the course grade. Since we have mentioned that the essays could be simplified, it is not clear how much more they would be weighted in the future. We would possibly double the weighting to 5%. This would cause a reduction in the weighting of our tests.

We consider the above modifications as the most important ones for future offerings of this set of essays. In the broader context, if other astronomy course themes were adopted for conceptually oriented essays, we would accordingly develop in-class activities or use existing activities for concepts similar to those in Essays 1 and 3. We would help students with writing about concepts similar to those in Essay 2. We would likely offer two essays only and ensure that the number of concepts they cover not overwhelm our students.

Other changes that would be easy to implement and possibly improve student success with essays would be:

- a) to make sample essays available so students have an idea of what is expected for an A or a B grade. In the past, with group projects, we have shown students a high quality and a low quality assignment and asked them which one they would assign the higher grade to. This helps them to be aware of what to include and what to avoid in a project.
- b) to remind students about the details expected and how these are connected to the grading rubrics, as suggested by one of our students.
- c) to ask JJC's writing and reading center's tutors to visit our introductory astronomy classes when essays are offered to provide guidance and possibly a sample essay. In Spring 2013 and Fall 2013, we asked JJC's writing and reading center director to visit our class to provide guidance on writing essays to our Life in the Universe students. The director also had one of the center tutors create a sample that was given to all students.
- d) to modify our handouts for each essay so fewer students feel confused and overwhelmed by them. We may make them more closely aligned with the essay guidelines suggested by JJC's writing and reading center, or those used in English classes.

Transits, occultations and eclipses will continue to be the news, and we would like to cover these through lecture and essays (or suitable projects) in the future as we have done here. The next two opportunities related to the theme presented here will be when the transit of Mercury occurs on 9 May 2016 (<http://eclipse.gsfc.nasa.gov/transit/transit.html>) and when the total solar eclipse of 21 Aug 2017 occurs (<http://www.mreclipse.com/Special/SEnext.html>; <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEplot/SEplot2001/SE2017Aug21T.GIF>). The former will be entirely visible from Joliet, IL from around 6:12am till 1:42pm local time, weather permitting (<http://eclipse.gsfc.nasa.gov/transit/transit.html>). A telescope with a solar filter will be needed to see the event. The latter will be visible (weather permitting again) from Illinois and other parts of North America. The eclipse will have the greatest duration close to Hopkinsville, IL, with the Sun being completely blocked for 2 minutes 40.1 seconds, at this location. This will occur around 1:15pm on 21 Aug 2017 (<http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEplot/SEplot2001/SE2017Aug21T.GIF>). Solar filters will be needed to view the eclipse safely.

In the broader context, we would like to have other course themes focusing on upcoming or ongoing astronomical events or on some broad aspect of the course like stars, galaxies, etc. so we can help non-science major students to learn some of the associated concepts more deeply. We feel that devoting class time to such a theme is worthwhile, provided there is sufficient time to cover the rest of the course material with minimal impact, and if a majority of students feel that writing such essays is educationally beneficial.

8. Conclusions

Through theme-related questions on one test and the final exam, we found that students averaged 63% when asked what is meant by a transit, an occultation and the “transit of Venus.” Since this average is higher than the 52% we predicted in Section 2, it indicates that two of our main goals, Ia and IIa, were met through lecture.

The test and final exam questions showed that students’ understanding of how an object’s angular size is affected by its distance from Earth improved as the semester progressed. They also did well on questions related to how rotation period affects the duration of a transit and how much of a background object is blocked when the distance of the foreground object is changed in a transit.

We also used short theme-related essays to help students further explore the theme and related concepts. The essays were meant to be more of a teaching tool than primarily an information gathering exercise for students. The essays showed that students scored at least 70% when explaining what is a transit, an occultation and an eclipse and the need for two objects and an observer or spacecraft to be in a straight line for these events to occur. This means that our second major goal, IIa, was met through essays, in addition to lecture.

Students’ understanding that the rotation period of an object does not affect a transit improved from Essay 1 to Essay 3. However, the “stand alone” transit concepts in Essay 3 were harder to grasp than the concepts in Essay 1. Students did well with the more descriptive parts of the essays.

Students felt they needed more guidance and preparation in order to write successful essays. In the future, we will provide the necessary scaffolding, such as in-class activities and online quizzes, to help students be more successful with the “stand-alone” conceptual portions of essays, as those were what students found to be the most difficult. We will also allocate around 20 – 25% or less of each essay score to deep conceptual learning, and limit the number of such concepts in the future. This will ensure that the essays are not so difficult that they overwhelm students, and will increase the chance for student success.

The third major goal, to increase student interest in astronomy through short essays, did not meet with success. 21% of students felt that the essays increased their interest in astronomy. 28% of students felt that the educational value of the essays was such that they could be offered again, while 49% disagreed.

The fraction of students whose interest in astronomy increased due to these essays was essentially independent of their average essay score. This indicates that it may not be easy to increase interest in astronomy through the set of essays presented here.

40% of students who had average essay scores in the A, B or C range viewed the essays as being educationally beneficial and recommended that they be offered again. However, only 20% of those whose essays earned Ds and none of those whose essays earned Fs felt positively towards the essays. If more students earned As, Bs or Cs on their essays, then it is possible that a majority of students would view them as educationally beneficial and as worthwhile assignments for future students.

In conclusion, we feel that using short thematic essays in the introductory astronomy college course as a teaching tool is worthwhile provided a majority of students feel they are educationally beneficial. We hope that future essay offerings and associated activities will be more rewarding to students, and will motivate more students to be interested in astronomy.

Acknowledgements

We thank our Spring 2012 face-to-face ASTR 101 students for generously providing feedback on the essay assignments, and for agreeing to let us use their essays and test answers in this project. We are very grateful to Tim Slater for reading an earlier draft and providing valuable comments that have improved the paper. We thank Vikram Dwarkadas, whose comments on a subsequent draft improved the paper too. We are also very grateful to the valuable comments and suggestions of the two anonymous referees, which have resulted in a much better version of this paper.

References

BENNETT, J.; DONAHUE, M.; SCHNEIDER, N.; VOIT, M. **The Essential Cosmic Perspective**. 6.ed. San Francisco, CA: Pearson Addison-Wesley, 2012.

BORUCKI, W.; *et al.* Kepler Planet Detection Mission: Introduction and First Results. **Science**, Washington D.C., v. 327, p. 977-980, 2010.

D'CRUZ, N. **Non-Science Major Students' Attitudes towards Group Projects in Astrobiology**. In: 216. Meeting of the American Astronomical Society; Miami, FL, 2010.

D'CRUZ, N. **Students' Reactions to Group Projects on Telescopes in ASTR 101**. In: 213. Meeting of the American Astronomical Society; Long Beach, CA, 2009.

ESPENAK, F. 2012 Transit of Venus. In: CHAPMAN, D. (Ed.). **Royal Astronomical Society of Canada Observer's Handbook 2012**. Toronto: Royal Astronomical Society of Canada, 2011. p.144-152.

GREENSTEIN, G. Writing is Thinking: Using Writing to Teach Science. **Astronomy Education Review**, Washington D.C., v. 12, p. 010401, 2013. Available from: <http://aer.aas.org/resource/1/aerscz/v12/i1/p010401_s1>, Accessed on 18 Aug. 2013.

LIGHTMAN, A.; SADLER, P. Teacher Predictions versus Actual Student Gains. **Physics Teacher**, v. 31, p. 162-167, 1993.

LITTMANN, M.; ESPENAK, F.; WILLCOX, K. **Totality: Eclipses of the Sun**. 3. ed. New York: Oxford University Press, 2008. 341p.

PASACHOFF, J. M. **Solar Eclipses and the International Year of Astronomy**. In: 214. Meeting of the American Astronomical Society, Pasadena, CA, 2009.

PASACHOFF, J. M. Transit of Venus: Last Chance to See. **Nature**, London, v. 485, 303-304, 2012.

PASACHOFF, J. Solar Eclipses for Science and for Public Education. In: DE LEÓN, M.; DE DIEGO, D. M.; ROS, R. M. (Eds). **AIP Conference Proceedings**. New York, NY, v. 1283, p. 40-45, 2010.

PRATHER, E. E.; SLATER, T.F.; ADAMS, J.P.; BAILEY, J.M.; JONES, L.V.; DOSTAL, J.A. Research on a Lecture-Tutorial Approach to Teaching Introductory Astronomy for Nonscience Majors. **Astronomy Education Review**, v. 3 n. 2, p. 122-136, 2005.

SLATER, T. F. Engaging Student Learning in Science Through Writing Tasks. **The Physics Teacher**, College Park, MD, v. 46, p. 123-125, 2008.

SLATER, T. F.; ADAMS, J. P. **Learner Centered Astronomy Teaching: Strategies for ASTRO 101.** Upper Saddle River, NJ: Pearson, 2003. 167p.

WINN, J. N. Exoplanet Transits and Occultations. In: SEAGER, S. (Ed.) **Exoplanets.** Tucson, AZ: University of Arizona Press, 2011, p. 55-77.

APPENDIX A: Grading essays for English language skills versus science content.

The science content expected to be in each essay has been detailed in Section 3. The English language skills that were graded for each essay were:

- 1) a well-written introduction
- 2) a well-written conclusion
- 3) spelling, punctuation, grammar, ease of reading (or flow), font size, text spacing, essay length, formatting (is the text broken into reasonably sized paragraphs?) were graded together.

About one-third of each essay's grade was devoted to English language skills.

The main error with writing an introduction was that the introductory paragraph would start either abruptly or with a very short "introduction" (one or two sentences) followed by the main essay content. This means the introduction is essentially missing.

The most frequent error with the conclusion was that either the concluding paragraph would be missing or it would be so short it would not sufficiently serve as a conclusion to the essay.

Both these errors were easy to identify and separate from the scientific content. If there were content errors in either introduction or conclusion, then these were graded as part of the content. The chance that a student had points deducted twice (i.e. for science content and English language) for the same error in the introduction and conclusion was very small.

Spelling, punctuation, font size, text spacing, essay length, formatting errors can be easily identified as separate errors from content, so there was no ambiguity in grading these.

The content asked for was specific, so errors in flow and grammar were not easily confused with errors in content. The flow of the writing can affect the content presentation, but chopiness in the writing is more of a distraction to the reader than a problem with identifying what message the writing attempts to convey. Similarly, it was usually clear whether or not the required content was present and satisfactorily addressed even if there were grammatical errors.

If confusing or unclear sentences were in the essay, these were usually graded as content related.

One point (out of 30 – 35 total points for each essay) was usually deducted for a combination of three errors associated with spelling, punctuation and grammar.

Font size and text spacing are related to essay length, so one point (out of 30 – 35 total points for each essay) was deducted for an essay that was around half a page too short. An essay with multiple unusually long paragraphs had 1 point deducted for this error.

Based on the above, it is unlikely points were deducted twice for the same error. Therefore it is unlikely that essay scores were lower than they should have been because both science content and English language skills were graded.

The average scores for English language skills in Essays 2 and 3 were higher, but not much higher than the average scores for these essays, indicating that the science content of these essays was somewhat more challenging for these students than their English language skills. The average essay scores for Essay 1 and its English skills were comparable.

LIBERAR AL GLOBO TERRÁQUEO

Alejandro Gangui ¹

Resumen: El globo terráqueo paralelo es un dispositivo antiguo, muy simple e ingenioso que empleado en forma sistemática en las clases de astronomía se convierte en una herramienta didáctica de gran potencialidad. Orientado adecuadamente de acuerdo al meridiano local, este instrumento permite seguir las sombras en cualquier región de la Tierra que esté iluminada por el Sol, además de ofrecer una visualización clara del *terminador*, la línea en rápido movimiento que divide el día de la noche en nuestro planeta. Con el conocimiento de las sombras, es posible estimar la latitud de un sitio e inferir la hora solar local en cualquier lugar del hemisferio iluminado del planeta. Además, mediante el empleo del globo terráqueo paralelo se puede comprender de manera simple que existan regiones donde los objetos a veces no proyectan sombras y otras, por el contrario, que a veces se convierten en “países de las sombras largas”. En este trabajo, primeramente reseñamos el dispositivo, sus fundamentos básicos de armado y funcionamiento. En la segunda parte, describimos en detalle algunas actividades que facilitan su empleo en el aula y que hemos venido desarrollando en talleres de formación docente en nuestro grupo de investigación.

Palabras clave: Modelos concretos; Didáctica; Astronomía; Empirismo; Globo terráqueo paralelo.

SOLTAR O GLOBO TERRESTRE

Resumo: O globo terrestre paralelo é um antigo dispositivo, muito simples e criativo que, empregado de forma sistemática nas aulas de astronomia, converte-se em uma ferramenta didática de grande potencialidade. Orientado adequadamente de acordo com o meridiano local, esse instrumento permite acompanhar as sombras em qualquer região da Terra que esteja iluminada pelo Sol, além de oferecer uma visualização clara do *terminadouro*, a linha que divide o dia da noite em nosso planeta. Com o conhecimento das sombras, é possível estimar a latitude de uma localidade e inferir a hora solar local em qualquer lugar do hemisfério iluminado do planeta. Além disso, mediante o emprego do globo terrestre paralelo, pode-se compreender, de maneira simples, que existem regiões onde os objetos às vezes não projetam sombras e outras, pelo contrário, que às vezes se convertem em “países das sombras longas”. Neste trabalho, primeiramente, descrevemos o dispositivo, seus fundamentos básicos de construção e funcionamento. Na segunda parte, descrevemos em detalhes algumas atividades que facilitam seu emprego na aula e que temos desenvolvido em oficinas de formação docente em nosso grupo de pesquisa.

Palavras-chave: Modelos concretos; Didática; Astronomia; Empirismo; Globo terrestre paralelo.

FREE THE GLOBE

Abstract: The parallel globe is an old device, very simple and ingenious that, when systematically employed in astronomy classes, becomes a teaching tool with great potential. Properly oriented according to the local meridian, this instrument allows us to follow the shadows in any region of the Earth that is illuminated by the Sun, as well as offering a clear view of the *terminator*, the line that divides the day and the night on our planet. With knowledge of the shadows, it is possible to estimate the latitude of a site and to infer local solar time anywhere in the planet's sunlit hemisphere. Furthermore, by using the parallel globe we may understand simply the existence of regions in which objects sometimes do not cast shadows, and also other regions which, on the contrary, sometimes become “long-shadow” countries. In this work, we first review the device and the basics of its assembly and operation. In the second part, we describe in detail some activities targeted to facilitate its use in the classroom, which our research group has been developing during teacher training workshops.

Keywords: Concrete models; Didactics; Astronomy; Empirical; Parallel globe.

¹ IAFE/Conicet y Universidad de Buenos Aires, Argentina. E-mail: <relat@iafe.uba.ar>.

1. Introducción

¿Qué adulto de hoy en día no recuerda la viñeta de Mafalda en donde la hija intelectual de Quino, al observar su ubicación en un globo terráqueo, se sorprendía al verse “cabeza para abajo”? ¿Qué lector no recuerda a Ernesto Sábato cuando en uno de sus libros y refiriéndose a la visión de la Tierra de la ciencia medieval europea, el autor escribía: “San Isidoro no admitía siquiera la existencia de habitantes en Libia, por la excesiva inclinación del suelo [...] por la misma razón que se negaba la existencia de los antípodas, esos absurdos habitantes con la cabeza para abajo”?

Si bien los investigadores en didáctica han venido trabajando desde hace largos años sobre la gravitación y sus dificultades en la enseñanza (por ejemplo, NUSSBAUM, 1979; 1999) y se han escrito incluso tesis enteras (CAMINO, 2006), los obstáculos en incorporar adecuadamente el concepto de gravedad persisten en todos los niveles de la escolaridad y no están ausentes tampoco en la formación docente.

Aun hoy nos deje perplejos esa antigua idea de los teólogos medievales, quienes quizás invocaban la posibilidad de "resbalamiento" una vez que los navíos se alejaban más allá de una cierta distancia de Europa (SÁBATO, 1970), no son pocos los estudiantes que en la actualidad evidencian su confusión frente a situaciones que ponen en juego la real comprensión de su ubicación en la Tierra y de los elementos astronómicos que nos ayudan a relacionarnos con el entorno.

Desde hace mucho tiempo la investigación didáctica en astronomía aboga por aunar esfuerzos para lograr la construcción de una visión dual (local o vivencial y planetaria) de los fenómenos naturales observables a simple vista, es decir, sin el empleo de instrumentos ópticos. Según Camino (2011), para aproximarse a una correcta interpretación de lo que se observa desde la posición de cada observador (la posición topocéntrica) es necesario construir esta visión dual. Esto puede lograrse a través del empleo conjunto de instrumentos que faciliten la parte vivencial (la observación del horizonte local (ROS, 2009), el estudio de las sombras mediante el empleo del gnomon recto vertical y la estimación de la meridiana del lugar (CAMINO *et al.*, 2009), y de aquellos que presenten los mismos fenómenos pero vistos desde una descripción más global, es decir desde el mega-espacio (LANCIANO, 1996). El dispositivo que estudiaremos aquí nos permitirá reflexionar sobre este último aspecto y nos brindará la visión planetaria que buscamos.

En el marco de su inspirada defensa de la descripción vivencial de los fenómenos astronómicos (a veces conocida con el nombre de descripción ptoloméica), Lanciano (1989) afirma que "frecuentemente las experiencias escolares muestran que si se recibe información sin plantear ningún problema, sin formular hipótesis, sin preguntas, probablemente no se llegará a retener y a reelaborar la información recibida". En nuestra experiencia frente a los alumnos hemos podido verificar sus dichos, pues creemos que un buen camino para paliar las deficiencias en la construcción de conocimiento científico es la enseñanza-aprendizaje por investigación, que supone enfrentar a los alumnos con diversas preguntas o situaciones problemáticas. De la misma forma que en la ciencia los conocimientos se elaboran en respuesta a preguntas, este enfoque considera que una enseñanza basada en situaciones problemáticas favorece un aprendizaje significativo (PORLÁN, 1999).

El empleo de representaciones concretas, como el dispositivo que aquí discutiremos, permite que los estudiantes puedan pensar e intervenir sobre el mundo de los fenómenos sobre el cual se está trabajando (su ubicación sobre la superficie de la

Tierra, su relación espacio-temporal con otros observadores terrestres, etc.). Los modelos concretos deben ser concebidos como instrumentos útiles para acompañarlos en el proceso de resignificación de sus vivencias astronómicas cotidianas (CAMINO, 2004) y en ese camino el rol del docente es fundamental. Lo que proponemos aquí es que, en ese recorrido junto a sus alumnos, el docente busque la manera de motivarlos a abordar el aprendizaje con el recurso al trabajo con problemas, en especial con aquellos interrogantes que sean significativos para los aprendices. Es esta actividad de investigación del alumno la que se relaciona más fuertemente con el proceso de construcción de conocimientos.

En coherencia con lo dicho, en la segunda parte de este trabajo presentaremos una serie de actividades que esperamos puedan facilitar el abordaje del dispositivo en el contexto de la enseñanza. Esto es, seguiremos una metodología didáctica basada en la investigación o, en palabras de PORLÁN (1999), en “la organización de actividades de enseñanza-aprendizaje en torno al planteamiento y resolución de problemas relacionados con el medio natural, con el objetivo de hacer evolucionar las concepciones espontáneas de los alumnos”. En este trabajo usaremos de manera novedosa ese elemento tan común y ubicuo de las escuelas de nuestra región: el globo terráqueo, al que en lo que sigue reorientaremos de manera útil para su empleo en nuestras clases de astronomía, convirtiéndolo en lo que se conoce como un “globo terráqueo paralelo”, un recurso didáctico de inmenso potencial.

2. Globos (des)orientados

Cuando uno mira un globo terráqueo, lo primero que nota es que la esfera terrestre nunca viene sola; sin un soporte adecuado, el globo (que a veces notaremos GT en lo que sigue) podría rodar sobre la superficie donde lo apoyamos (la mesada de la escuela, por ejemplo) y eventualmente caerse. Por ello, el globo viene sujetado –en general, por sus polos geográficos– por un soporte, como se muestra en la Figura 1.



Figura 1: Los globos terráqueos que se ven en los comercios y en las escuelas, en general, vienen provistos de un soporte que los mantiene “parados”. Pero si es cierto que en el espacio no existe ni arriba ni abajo, ¿por qué siempre orientarlos de la misma manera, con el polo norte geográfico hacia arriba? Fuente de numerosas ideas espontáneas entre los alumnos de corta edad (“¿por qué los que viven cerca del polo sur no se caen?”), esta orientación convencional nos obliga a ser muy cuidadosos en el tratamiento de temas sobre la verticalidad y la gravitación como una fuerza hacia el centro, y a observar (y hacer observar) la fuerte dependencia que conceptos como “arriba” y “abajo” tienen de la posición topocéntrica.

Es aquí que aparece una arbitrariedad. ¿Por qué orientarlo con el hemisferio norte hacia arriba? Por supuesto, una posible respuesta sería: “porque de alguna manera hay que orientarlo”. Pero ¿por qué *siempre* se lo ve orientado con el polo norte arriba y el polo sur hacia abajo? (y lo mismo puede preguntarse en el caso de los planisferios). La respuesta más lógica es que esa orientación es simplemente una convención, o sea que no tiene nada de fundamental y que bien podría haberse convenido que el sur quedase arriba y el norte abajo. (En algunos países con geografía “lineal” –y según como se mire, algo vertical– como Italia, estos conceptos están muy arraigados incluso en la manera de hablar. Si un habitante de Trieste decide visitar a un amigo de Palermo, muy probablemente le escriba “vengo giù” –voy para abajo–, sinónimo de “viajo hacia el sur”. De la misma manera, al regresar, le dirá “torno su” –vuelvo hacia arriba– para darle a entender que viaja de regreso hacia su ciudad.)

De más está decir que esta convención, que simplifica la fabricación de globos terráqueos (pues todos los nombres de países, ríos, continentes, océanos, etc., están orientados apropiadamente), también da lugar a una inmensa cantidad de ideas espontáneas (muchas científicamente equivocadas) y genera obstáculos en la enseñanza de la Tierra como cuerpo cósmico y sobre la verticalidad (NUSSBAUM, 1999).

Con la idea de reflexionar sobre este instrumento, hace algunos años surgió un proyecto internacional, liderado por la Prof. Nicoletta Lanciano, llamado “el movimiento de liberación del globo terráqueo”, que centralizó los esfuerzos de muchos investigadores y docentes interesados en las potencialidades del GT (LANCIANO *et al.*, 2011). Con manifiestas intenciones educativas y culturales, la idea de *liberación* se refiere, en particular, al soporte del GT, y por lo tanto implica libertad para que cada uno de nosotros oriente el globo terrestre como más le guste. Claro que si queremos poder usarlo en la enseñanza de la astronomía, deberemos orientarlo de la manera más conveniente –o más fiel, podríamos decir– de acuerdo a nuestra ubicación en la Tierra (de acuerdo a nuestra posición topocéntrica), y en lo que sigue veremos cómo hacerlo.

Por el momento, imaginemos que estamos en medio del campo y con horizontes despejados. La ciudad más cercana es Santa Rosa de la Pampa (Argentina), pero se halla a muchos kilómetros de nosotros. Pensemos, ¿hacia dónde queda la ciudad inglesa de Londres? Si señalamos con la mano, muy probablemente apuntemos hacia el noreste, y hacia esa dirección debería volar un avión que conectase las dos ciudades. Pero sabemos bien que esa no es la distancia más corta: si pudiésemos construir un túnel por el interior de la Tierra, la distancia más corta sería una recta que, hundiéndose en La Pampa y pasando por debajo del Océano Atlántico, volviese a la superficie en Londres. En otras palabras, ir hacia Londres por el camino más corto no es ir hacia la derecha o la izquierda, sino ir (aproximadamente) hacia “abajo”, como se grafica en la Figura 2.



Figura 2: La distancia más corta entre dos ciudades distantes de la Tierra no es aquella que las conecta por encima de la superficie terrestre, sino aquella que las conecta *atravesando* el globo terrestre. En este caso, las ciudades de Nueva York (hacia la izquierda de la imagen) y de Londres se conectan por un túnel recto que atraviesa el océano atlántico norte. Lo mismo valdría para las ciudades capitales de la provincia de La Pampa y de Inglaterra, mencionadas en el texto.

Reflexionando un poco, toda ciudad de la Tierra nos queda debajo de nuestros pies. Dado que la superficie terrestre ya no es más un impedimento para nuestro viaje ficticio, pues podemos perforar la Tierra como lo haría una lombriz, viajar a cualquier lugar distante es viajar inicialmente hacia abajo de nosotros. De esto concluimos que nosotros (y nuestra ciudad) estamos arriba de todas las demás ciudades de la Tierra. Sabemos además que este “arriba” es un concepto *local*, pues todos los habitantes de nuestro planeta pueden decir lo mismo que nosotros. En efecto, considerando que la Tierra es una esfera perfecta, todos los habitantes del planeta están arriba de todos los demás.

En estas reflexiones se basa el dispositivo que discutiremos aquí, el GT *reorientado*. Pero antes de concentrarnos en él, conviene recordar cómo hallar la meridiana de nuestro lugar de observación (es decir, la dirección norte-sur), pues la precisaremos para alinear adecuadamente el globo y poder hacer las observaciones que deseamos.

3. Obtención de la meridiana

Para orientarse ¿qué mejor que una brújula? El empleo de este ingenioso instrumento es sin duda una tarea rápida (si tenemos práctica), bastante precisa (si estamos lejos de yacimientos de hierro, zonas volcánicas y sitios con grandes alteraciones magnéticas), y conveniente (si tuvimos la precaución de colocarla en nuestra valija). Aun así, no aconsejamos usarla, al menos en nuestras clases introductorias de astronomía escolar.

La brújula permite ubicar la dirección del polo norte magnético, no la del polo norte geográfico o astronómico. Para latitudes lejanas de los polos la diferencia no es tan relevante, siempre que no haya alteraciones magnéticas en nuestro sitio de observación. Pero el verdadero motivo por el cual no se aconseja su uso es más metodológico que práctico: constituye un método no astronómico de orientación. Hay además ciertas razones didácticas que hacen a la brújula poco recomendable, pues su

empleo fortalece ideas previas sobre la supuesta relación entre el campo magnético terrestre y la rotación del planeta. Además, es muy probable que nuestros alumnos encuentren información sobre varios planetas (no solo de nuestro sistema solar) en los cuales los polos magnéticos se ubican muy lejos de los geográficos. En estos casos la brújula no sería de mucha ayuda para orientarse.

En su trabajo frente a la clase, el docente puede preguntar a los alumnos cómo harían para ubicar el norte sin usar una brújula. Sin duda surgirán muchas ideas, y quizá las sombras ocupen algún lugar entre estas propuestas (GANGUI *et al.*, 2009). Durante un día despejado y sin nubes podemos fácilmente reconocer los cambios de la posición del Sol en la bóveda del cielo. Con ayuda de un *gnomon*, advertiremos que las sombras que arrojan este y todos los objetos expuestos a la luz solar van modificando su longitud y su dirección. Durante las primeras horas posteriores al amanecer, se proyectan sombras largas, siendo cada vez más cortas cuando el Sol se acerca a su punto de culminación. Puesto que el recorrido aparente del Sol es simétrico con respecto a su ubicación en el mediodía solar, encontraremos, a lo largo del día, pares de sombras que tienen la misma longitud. Solo una de ellas no tiene par y es única, la que corresponde al mediodía solar, y que además es la más corta de todas. Esta sombra señala la dirección de la meridiana del lugar, es decir, marca exactamente la línea norte-sur.

Una manera sencilla de obtener la meridiana de lugar consiste en registrar las sombras que proyecta un gnomon sobre el piso durante varias horas de un día cualquiera, especialmente durante las horas cercanas al mediodía solar. En la cercanía de ese momento, cuando la altura del Sol es máxima, será conveniente realizar marcas en el piso cada cinco minutos de manera de reducir lo máximo posible el error observacional (Figura 3).



Figura 3: Medición de las sombras a lo largo del día para obtener la meridiana del lugar. Las sombras arrojadas por un gnomon recto y vertical (no presente en la fotografía) fueron marcadas en el patio de la escuela, consignando para cada una de ellas la fecha y la hora. Con el correr de las horas, las sombras cambian gradualmente de longitud y de dirección; la más corta de todas corresponde a aquella sombra que proyecta el gnomon en el mediodía solar, e indica la dirección norte-sur astronómica verdadera (la imagen es cortesía de M. Iglesias).

Si no se dispone de tiempo para registrar todo el conjunto de sombras, existe otra forma equivalente y sencilla –incluso, creemos, más precisa– de determinar la dirección norte-sur. Esta nueva manera de usar las sombras para hallar los puntos

cardinales consiste en dibujar una circunferencia sobre un papel, o sobre el patio de la escuela, y colocar en su centro un gnomon vertical. Si marcamos con una tiza o un lápiz sobre el piso todos los puntos por los que va pasando la sombra de la punta del gnomon, obtendremos una curva –en nuestras latitudes, por lo común una hipérbola– que cortará a la circunferencia en solo dos puntos. Como podemos imaginar, el primero de estos puntos corresponderá a un momento de la mañana; el otro, a algún momento de la tarde. Y ambos puntos serán equidistantes del mediodía solar. Si ahora unimos con una recta estos dos puntos, tendremos –con muy buena aproximación– la dirección este-oeste. La perpendicular a ésta indicará la dirección norte-sur buscada, como muestra la Figura 4.

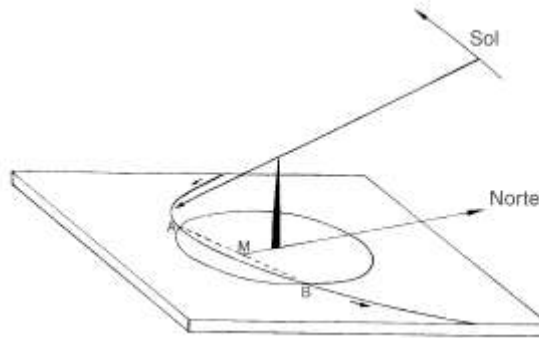


Figura 4: Método de las sombras para obtener la meridiana del lugar. El esquema representa una situación típica para un sitio del hemisferio sur, donde el Sol jamás llega a pasar por el cenit del observador (por ejemplo, en algún lugar de Sudamérica por debajo del Trópico de Capricornio). Si marcamos todos los puntos del piso donde el extremo del gnomon hace sombra, la curva generada cortará a la circunferencia en dos puntos solamente: el punto “A” a la mañana y el “B” a la tarde, y ambos serán equidistantes del mediodía solar. El punto M (ubicado sobre la recta que une los puntos A y B, y a mitad de camino entre ellos), unido con la base del gnomon, marca la dirección norte-sur. Algo análogo puede hacerse en cualquier sitio de la Tierra (fuera de los polos) donde haya sombras (gráfico adaptado de ROHR, 1986).

Este método es conocido como el del “círculo hindú”, y es conveniente dibujar en el piso no uno, sino varios “círculos”, por varios motivos: primero, para asegurarnos de que la sombra del gnomon corte a al menos un par de ellos; segundo, al tener varios puntos “M” (uno por cada circunferencia cortada por la sombra), podemos tomar el promedio de las medidas y reducir así el error de medición (CAMINO *et al.*, 2009).

Este método requiere ser cuidadoso con la elección del radio de la circunferencia. Si la circunferencia es demasiado pequeña, la sombra podría caer por fuera y no cortarla; si es demasiado grande, la sombra siempre la cortará, pero a horarios muy alejados del mediodía solar (y habrá que permanecer muchas horas al Sol). Una opción alternativa es conocer aproximadamente la hora del mediodía solar y efectuar la primera marca (“A” en la Figura 4) unas dos o tres horas antes del mediodía. El tiempo que media entre el momento de la marca “A” y el mediodía solar, es aproximadamente el que deberemos dejar pasar después del mediodía solar para efectuar la marca “B”.

Ahora que ya sabemos cómo hallar la meridiana de nuestro sitio de observación, estamos en condiciones de usar el globo terráqueo (GT) que presentamos unas páginas atrás, y convertirlo en un globo terráqueo paralelo.

4. Orientando el globo terráqueo

Como veremos, el globo terráqueo paralelo (que con frecuencia notaremos GTP en lo que sigue) es un dispositivo muy simple que, orientado adecuadamente de acuerdo a la meridiana local, nos permitirá hacer un seguimiento de las sombras que proyectan gnomones ubicados en cualquier región de la Tierra (donde sea de día, por supuesto). Por ejemplo, veremos que colocando un palillo sobre la capital de Francia, podremos seguir (en vivo) la sombra que hace la Torre Eiffel sin movernos de Buenos Aires. O bien, con un poco de suerte y colocando un palillo sobre Dubai, la ciudad más poblada de los Emiratos Árabes Unidos, podremos seguir el devenir de la sombra del rascacielos Burj Khalifa, de unos 818 metros de altura, sin desplazarnos de nuestra ciudad. Y quien conoce las sombras de semejantes gnomones, conoce también la hora del día de aquellos lugares y muchas cosas más. Esto es así porque si vemos que la sombra del palillo de Dubai cae al occidente de la meridiana de dicha ciudad árabe, eso significa que la hora solar de Dubai es anterior al mediodía solar, pues el Sol en esa ciudad estará al oriente del meridiano celeste. (Recordemos que el meridiano celeste es la proyección del meridiano terrestre sobre la bóveda del cielo.)

El GTP también nos permitirá materializar muy simplemente el *terminador* en la Tierra y averiguar minuto a minuto en qué comarcas del planeta está amaneciendo y en cuáles se acaba de ocultar el Sol (Figura 5). Con el conocimiento de las sombras sobre el GTP, uno puede además comprender y visualizar ciertas regiones del planeta donde los objetos a veces no proyectan sombras y la existencia de lugares que, por el contrario, a veces se convierten en “países de las sombras largas”.



Figura 5: El terminador de la Tierra se ve claramente en la imagen de la izquierda y en la de la derecha, pero no en la del medio. Las tres son simulaciones de la iluminación de nuestro planeta correspondientes al día 31 de julio de 2013 a la hora 12:52 UT (las 9:52 hora local de la Argentina). La imagen izquierda está vista desde la Luna, es decir, equivale a la fotografía que un habitante de nuestro satélite natural obtendría de la Tierra en ese instante. La de la derecha está vista desde el polo sur celeste y tiene como centro al polo sur de la Tierra (en cuyas cercanías, en esta época del año, jamás ven el Sol). La imagen del medio, que no presenta terminador distinguible corresponde, evidentemente, a una vista desde el Sol (pues “el Sol jamás ve las sombras que él mismo produce”). Imágenes generadas a través de las aplicaciones astronómicas del sitio www.usno.navy.mil/USNO/.

Como vimos antes, cuando un observador está parado sobre un sitio cualquiera de la superficie terrestre (en la aproximación de la Tierra como una esfera perfecta), todo el planeta queda “debajo de sus pies”. Lo mismo sucede si apoyamos el GT en el

piso y colocamos un muñequito encima del globo; todos los demás lugares del GT quedarán “debajo” de él. La coincidencia no es casual. Lo que estamos proponiendo aquí es que ambos personajes, el observador real (nosotros, por ejemplo) y el muñequito, nos ubicamos en sitios “semejantes” de nuestros respectivos planetas (la Tierra, en nuestro caso, y el GT en el caso del muñequito).

En este ejemplo, la palabra “semejante” tiene un sentido muy claro: si uno amplifica las dimensiones del GT en un factor aproximado de 4 mil millones (lo suficiente como para pasar de unos 15 cm del radio del GT a unos 6400 km del radio terrestre), nuestro GT se convierte en el planeta Tierra. Y por lo tanto, ese muñequito se convierte en una persona como nosotros. (Ya vemos que el muñequito real debería ser casi invisible para que esta transformación fuera fiel.)

Ahora bien, sabemos que el Sol está tan lejos de la Tierra como lo está de nuestro GT. Para verlo basta comparar los aproximadamente 150 millones de kilómetros del radio de la órbita terrestre ya sea con los 6400 km del radio terrestre o con los 15 cm del radio del globo. El tamaño de la Tierra es casi imperceptible desde esa distancia, igual que lo es el tamaño del GT apoyado sobre nuestro suelo en la superficie del planeta. Es claro entonces que, desde esa distancia, los rayos solares llegan prácticamente paralelos entre sí. E iluminan de igual manera al planeta y al GT, como lo muestra la Figura 6.

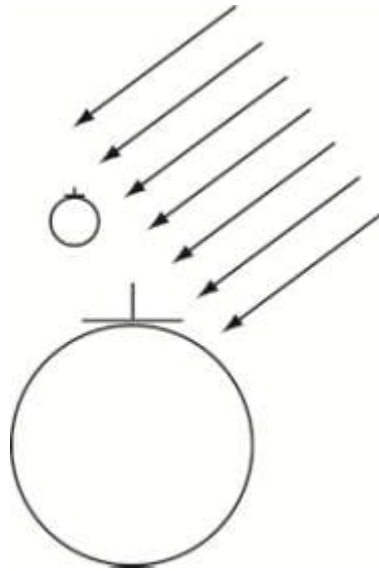


Figura 6: Dos globos semejantes, la Tierra (la esfera grande) y el GT (la pequeña). Ambos globos tienen un gnomon sobre su superficie (un obelisco inmenso en la Tierra y un palillo sobre el GT). Como consecuencia de la gran distancia que nos separa del Sol, los rayos solares (mostrados en el esquema) llegan prácticamente paralelos, tanto sobre el GT como sobre nuestro planeta. En ambos globos se agregaron sendos planos tangentes a la superficie donde se ubican los gnomones. Del esquema se ve claramente que las sombras de los gnomones sobre sus respectivos planos tienen la misma orientación; cuando uno de ellos no recibe luz, el otro tampoco; etc. Las sombras del gnomon menor nos permiten saber cómo evolucionan las sombras del mayor. Nótese que no estamos respetando las dimensiones reales: el globo mayor debería ser unas 4 mil millones de veces más grande que el menor.

Vemos entonces que lo que le pase a la sombra de un palillo colocado sobre el GT será análogo a lo que le pase a una torre inmensamente alta ubicada sobre la Tierra real. Es en este sentido que mirar las sombras sobre el GT nos permite saber lo que sucede en diferentes ciudades de la Tierra, con el solo requisito de que en esas ciudades –y en la nuestra– debe ser de día. (Entre Buenos Aires y Dubai, por ejemplo, hay más de 110° de longitud de diferencia; solo pocas horas separan nuestro amanecer de su puesta de Sol.)

5. El globo terráqueo paralelo

Hasta ahora hemos visto que ambos globos (el GT y nuestro planeta) son semejantes, pero eso no basta para nuestra actividad astronómica. Aun debemos hacer dos cosas: primero, debemos elegir bien la ciudad del GT que quedará arriba de todo, y después deberemos orientar el GT adecuadamente. Solo entonces lo que llamamos GT se convertirá en un GTP.

Si queremos usar el GT en nuestra ciudad, nuestra ciudad deberá ir arriba de todo, como lo muestra la figura 7. Eso es simple de comprender, pues colocándola arriba en el GT todas las demás ciudades del globo quedarán por debajo de ella, como vimos que sucede efectivamente con la ciudad real en el planeta real.

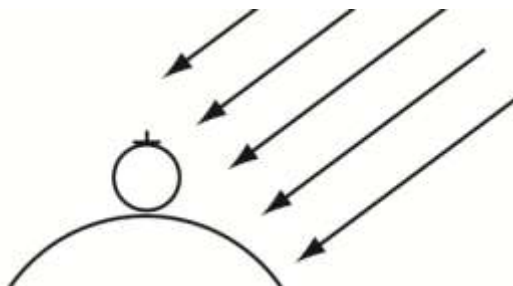


Figura 7: Los dos globos terrestres, uno ubicado sobre el otro, como sería el caso cuando apoyamos nuestro globo terráqueo escolar a nuestros pies en el patio de la escuela. En este caso, nuestra ciudad debe ubicarse arriba de todo, en el lugar del GT donde hemos colocado el gnomon. Mirando la evolución de las sombras del gnomon pequeño sobre el GT, podemos conocer la evolución de la sombra del mástil de una escuela cualquiera de nuestra ciudad.

Nos falta ahora fijar un último grado de libertad, y es hacer que las direcciones norte-sur de ambos globos coincidan. En otras palabras, vemos los meridianos de la Tierra dibujados sobre la superficie del GT. En particular, podemos ubicar el meridiano que pasa por nuestra ciudad. También vimos antes cómo dibujar en el suelo la meridiana de nuestro sitio de observación con la ayuda de un gnomon. La idea ahora es hacer que la dirección del meridiano del GT de nuestra ciudad coincida con la dirección de la línea meridiana que marcamos sobre el patio de la escuela. Basta entonces con rotar el GT (dejando nuestra ciudad fija arriba de todo) hasta que ambas líneas sean *paralelas*. Una vez hecho esto habremos alineado ambos globos y podremos afirmar que nuestro globo terráqueo se ha convertido en un globo terráqueo paralelo (Figura 8).

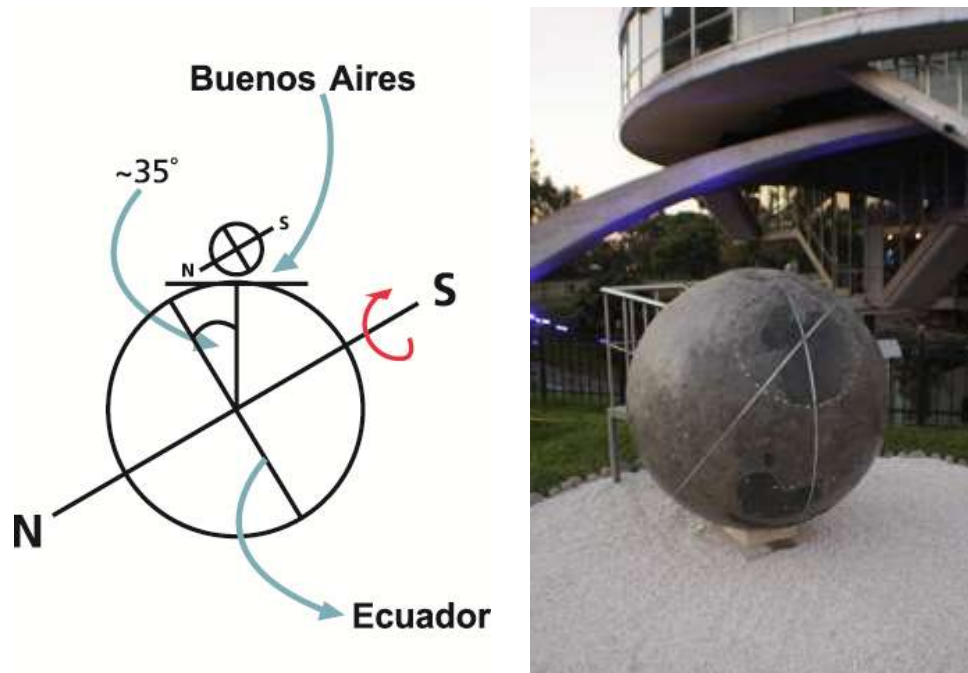


Figura 8: Para un observador ubicado en el espacio, fuera de la Tierra, ambos ejes de rotación (el del GTP y el del planeta) apuntan en la misma dirección de la bóveda celeste, hacia los dos polos celestes. En la imagen de la izquierda se muestra un esquema del dispositivo alineado para la ciudad de Buenos Aires, ubicada en una latitud aproximada de 35° Sur. Es por eso que dicha ciudad se halla arriba de todo. La fotografía de la derecha muestra el GTP de 1,5m de diámetro construido en la plaza astronómica del Planetario Galileo Galilei de la misma ciudad. Se ve claramente la región Antártica y el polo sur de la Tierra, además de los meridianos de Greenwich (que aparece inclinado) y de la ciudad de Buenos Aires (dispuesto verticalmente, como debe ser).

¿Qué significa aquí la palabra “paralelo”? Nos indica que los dos ejes de los globos son paralelos en el espacio tridimensional. Es decir, ambos ejes, el de la Tierra y el del GTP, apuntan hacia la misma dirección del espacio. En el hemisferio norte, ambos ejes apuntan hacia el polo norte celeste, que se halla muy cerca de la estrella *Polaris*. En el hemisferio sur, ambos ejes apuntan hacia el polo sur celeste. Globos “paralelos” también significa que el plano tangente en cada punto particular de la superficie de uno de ellos es paralelo al plano tangente del punto correspondiente de la superficie del otro.

Así dispuestos, uno fijo arriba del otro (el GTP apoyado sobre el planeta Tierra), ambos globos rotan alrededor de sus respectivos ejes con el correr de las horas del día y sus diferentes partes reciben la luz solar como ya estamos acostumbrados a ver. No es difícil imaginar que nuestro planeta rota, aunque quizás sea más novedoso pensar que el GTP *también* rota sobre su eje con la misma velocidad angular que lo hace el planeta: ¿cómo lo hace si se halla fijo sobre el piso? Para verlo, basta imaginar una revolución completa de la Tierra arrastrando al GTP y se comprenderá simplemente que ambos globos cumplen una rotación sobre sus ejes (con respecto al Sol) en el mismo tiempo, es decir, en un día de 24 horas en promedio.

6. Posibilidades didácticas: terminadores y meridianos

El globo terráqueo paralelo es muy útil para tener una visión global –desde el mega-espacio– de la manera en la que se halla iluminada la Tierra, y permite ver cómo es la evolución del día y de la noche para regiones cercanas o arbitrariamente distantes de nuestra ciudad. Veremos incluso que, prestando atención a la orientación geográfica y a la ubicación del terminador, podremos comprender la ocurrencia de las diferentes estaciones del año para cada sitio sobre la superficie terrestre.

Para iniciar la actividad con el GTP (por ejemplo, en el patio de la escuela y en un día de Sol), luego de haber trabajado junto a nuestros alumnos el tema de su instalación y orientación adecuadas, podemos plantearles, como situación problemática, la siguiente pregunta:

¿Qué ciudades conocidas están en sombras y cuáles son iluminadas por la luz del Sol?

El docente puede sugerir que los alumnos anoten esas listas de sitios en sus cuadernos, quizás ordenándolos por cercanía a nuestra ciudad o bien por diferencia de huso horario, pues serán útiles para comparar luego, una hora más tarde, por ejemplo, cuando el Sol haya cambiado un poco su posición.

Se les puede sugerir después que miren la línea del terminador, tanto su “parte” oriental como la occidental. ¿Qué representa esa línea? De un lado, el Sol no llega a iluminar; del otro ya es de día. Discutamos con toda la clase, ¿es realmente una línea perfecta, o parece más bien una alineación de zonas difusas sin un contorno bien definido? ¿Tendrá algo que ver con esto el hecho de que los amaneceres y los atardeceres no son instantáneos, sino que tienen una cierta duración? (un poco más avanzado, ¿tiene algo que ver la atmósfera de la Tierra en todo esto?)

Si nos hallamos en una escuela de Sudamérica, y es de mañana, podríamos discutir con nuestros alumnos sobre la hora que ellos estiman que será en alguna ciudad de Europa. Allí, en el viejo continente, ¿ya es de tarde? ¿Faltaría mucho para que se ponga el Sol en Madrid, por ejemplo? Muy probablemente, alguno de los estudiantes recuerde que cuando en Europa central la gente ya terminó de cenar, quienes viven en la ciudad de Rosario, Argentina, apenas están tomando la merienda. De aquí podrán deducir que el terminador oriental sobre nuestro GTP, que inicialmente se hallaba al oriente de Madrid, con el paso de las horas se correrá para el otro lado, hacia el occidente de la capital española, dejándola en las sombras.

Ya vemos entonces de qué manera se mueven las diferentes partes del terminador de la Tierra. ¿Qué ciudades de la lista confeccionada antes están ahora a punto de presenciar un atardecer? ¿Qué ciudades o sitios de la Tierra están ubicados justo *en medio* de las partes occidental y oriental del terminador? ¿Estos representan tan solo algunos sitios o más bien toda una “línea de sitios” sobre la superficie de nuestro planeta? Y si es una línea, ¿coincide con alguna línea ya dibujada sobre el GTP? (Aquí es conveniente mirar en detalle la Figura 9.)

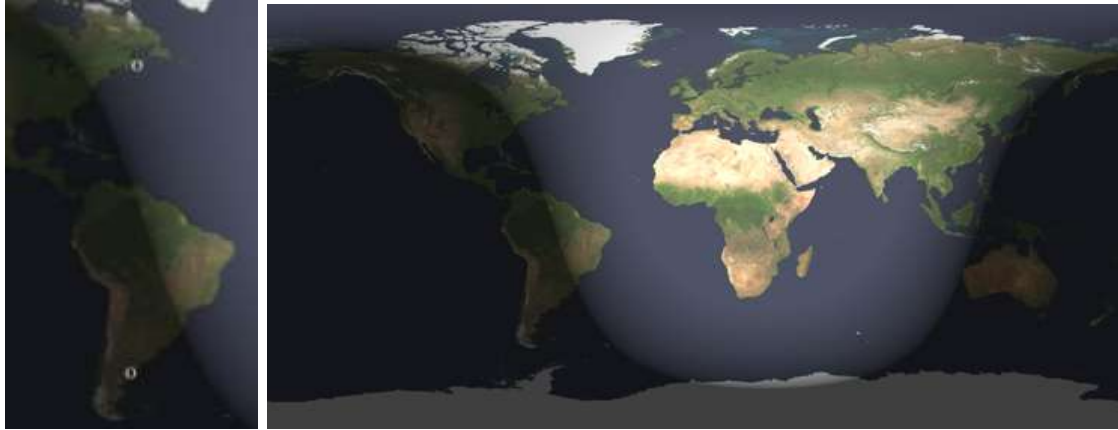


Figura 9: En la imagen de la izquierda, una persona ubicada en Nueva Escocia (longitud aproximada: 63° O), en el norte de Canadá, y otra en Puerto Madryn (longitud aproximada: 65° O), en el sur de la Argentina, tienen casi la misma coordenada de longitud terrestre y por ello podríamos decir que comparten el mismo meridiano. Sin embargo, en esta imagen del 31 de julio (de 2013) a la hora 10 UT (las 7 AM hora local Argentina), hay casi dos horas de diferencia entre los respectivos amaneceres. En la imagen de la derecha se muestra la proyección del mapa completo de toda la Tierra. De estas imágenes puede comprobarse que el terminador en general no coincide con un meridiano del planeta. Sin embargo, por la simetría evidente en la segunda imagen, vemos claramente que la “línea” (vertical) equidistante entre las partes occidental y oriental del terminador sí coincide con un meridiano terrestre, y es justamente la línea del mediodía solar. Imágenes generadas con software del sitio www.usno.navy.mil/USNO/.

Entre preguntas y discusión, el docente puede llevar a sus alumnos a verificar que la “línea de sitios” en cuestión no es otra cosa que (parte de) un meridiano del globo terráqueo. Y además, podrán verificar que todos esos sitios comparten la misma hora del mediodía solar. (Todas las ciudades que comparten un meridiano tienen siempre la misma hora solar. En este caso particular, esa hora es la del mediodía solar.)

Sin embargo, como es simple de ver con el GTP iluminado por el Sol, la línea (en realidad, la circunferencia) del terminador en general no está representada en el globo; en particular notaremos que en general *no* coincide con uno de los llamados *círculos máximos* de la Tierra, formado en este caso por un meridiano y su antimeridiano (el que se halla separado en 180° de longitud, o sea del otro lado del planeta). Aunque la parte occidental de la línea del terminador nos indica que todas las ciudades que cruza tienen amaneceres en el mismo instante, esas ciudades en general no tienen la misma hora solar, pues como vimos la hora viene fijada por los meridianos.

Por otra parte, es interesante emplear el GTP en un equinoccio, pues entonces se podrá comprobar simplemente que durante esos dos días del año la circunferencia del terminador de nuestro planeta coincide precisamente con la unión de un meridiano y de su antimeridiano. Pues, como el Sol se halla en el ecuador celeste, y por lo tanto pasará por el cénit de los habitantes del círculo ecuatorial, la simetría espacial es completa: durante ese día todo sitio de la Tierra recibirá la luz del Sol y, segundo a segundo, el hemisferio iluminado será limitado por un meridiano y su antimeridiano. Durante un equinoccio es la única oportunidad en la que un observador terrestre y sus antípodas ven la luz del Sol casi simultáneamente.

Sugerimos que el docente enfatice y haga ver a sus alumnos esta diferencia fundamental entre los meridianos y el terminator, pues es el origen de múltiples confusiones en las clases de astronomía, no solo al momento de discutir las diferentes estaciones del año. En particular, el docente podrá hacer ver que, aun compartiendo un meridiano y teniendo la misma hora solar (y el mismo huso horario), dos personas muy alejadas físicamente pueden presenciar amaneceres que distan horas uno del otro (Figura 9).

Ahora bien, ¿qué podemos decir sobre las duraciones del día y de la noche? Usando el dispositivo en fechas bien apartadas de los equinoccios, podemos ver la diferencia en la duración de las horas de luz de distintas partes de la Tierra. Pues algunos paralelos marcados en el GTP tendrán mayor proporción de su longitud iluminada que otros, y eso significa que los habitantes de esos paralelos (de esas latitudes) tendrán mayor cantidad de horas de luz que los habitantes de latitudes muy alejadas (Figura 10).

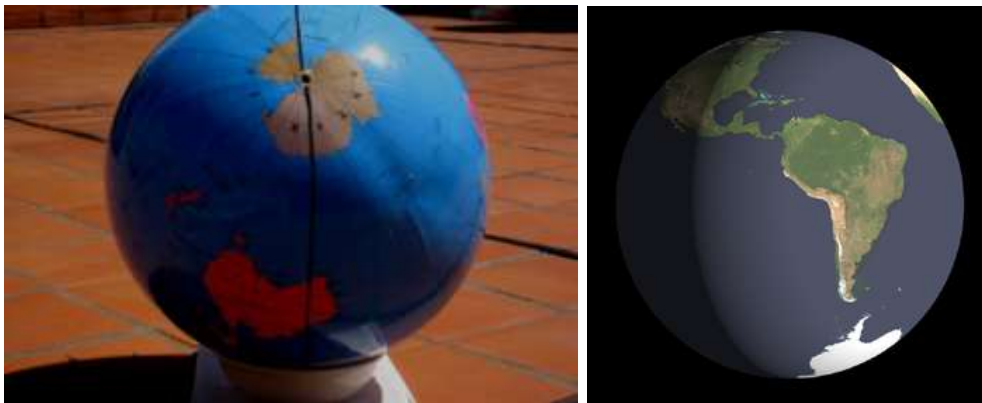


Figura 10: A la izquierda mostramos un GTP ubicado en la ciudad de Buenos Aires e iluminado por el Sol del 20 de diciembre de 2011, a las 10:30 hora local. El globo está adecuadamente alineado con la meridiana del lugar y la ciudad de Buenos Aires se halla en la parte superior; la fotografía fue tomada desde el sur. A la derecha, una vista diferente de la misma situación, pero a partir de una simulación que nos permite ver a la Tierra desde el espacio o, en el decir de Lanciano (1996), desde el mega-espacio. Ambas imágenes son equivalentes y las regiones iluminadas de ambos globos son idénticas. Se ve claramente que algunos paralelos de la Tierra tienen mayor parte de su longitud iluminada (especialmente aquellos del hemisferio austral) que otros (especialmente del hemisferio norte). Esto es un reflejo de que la situación corresponde al solsticio de diciembre, en el que los días son más largos en el sur que en el norte de nuestro planeta.

En resumen, sabemos que la Tierra rota sobre su eje y que todos los meridianos efectúan una revolución completa cada aproximadamente 24 horas. Un sitio cualquiera fuera de los polos también cumplirá una revolución en ese tiempo, y lo hará viajando a lo largo de su paralelo (es decir, con coordenada de latitud fija). Si para un día determinado vemos en nuestro GTP que la línea del paralelo que pasa por ese sitio está proporcionalmente poco iluminada (medida en grados de longitud, por ejemplo), la duración de la noche en esa latitud será muy larga y los habitantes de esas comarcas tendrán pocas horas de luz solar. En la situación de la Figura 10, eso les sucede a los habitantes de las regiones del norte, especialmente de aquellas ubicadas hacia el norte del Trópico de Cáncer. En la misma figura vemos que toda la región interior al círculo

polar antártico tiene días sin noches, ya que los paralelos de la zona antártica, por ejemplo, están completamente iluminados por el Sol. Como sabemos, esta situación, cuando el Sol pasa días sin ocultarse por el horizonte local, es la razón de lo que se conoce con el nombre de Sol de medianoche.

7. La sombra del obelisco

Con alumnos más grandes, además de llevar a cabo la actividad recién detallada sobre los terminadores de la Tierra, podemos comenzar un trabajo sistemático de seguimiento de sombras, como antes lo hicimos con aquellas proyectadas por un gnomon en el patio de la escuela. Esta vez, sin embargo, el o los gnomones deberán ser pequeños y ubicarse sobre la superficie esférica de nuestro globo terráqueo.

Para dar inicio al trabajo recomendamos plantear a los alumnos alguna situación de interés que los convoque con la actividad, que les permita asumir “la problemática a trabajar como un auténtico objeto de estudio” (PURLÁN, 1999). Por ejemplo, en talleres de capacitación que nuestro grupo llevó adelante con docentes (GANGUI; IGLESIAS, 2009), optamos por comenzar haciendo esta pregunta:

La sombra del Obelisco de la ciudad de Buenos Aires, en este momento, ¿de qué lado de la avenida 9 de Julio se encuentra? (Figura 11)

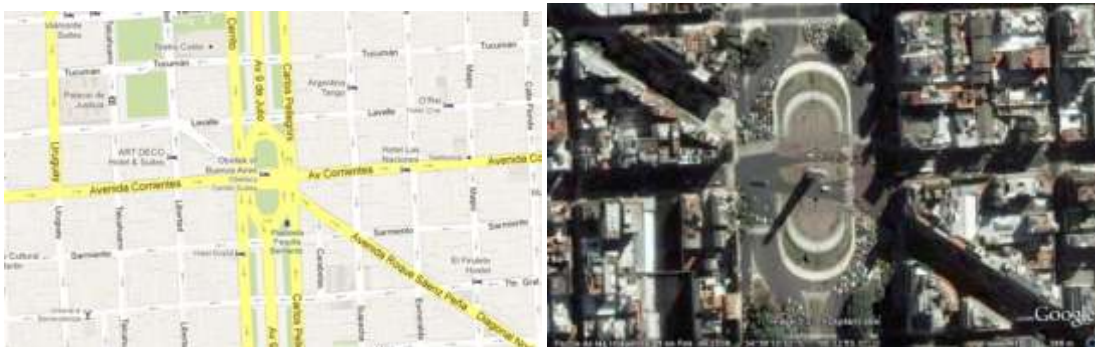


Figura 11: Mapa y vista aérea de la zona del Obelisco en la parte céntrica de la ciudad de Buenos Aires. La avenida 9 de Julio corre verticalmente en ambas figuras, aproximadamente de norte a sur (el norte está arriba de la hoja). La sombra del Obelisco, bien visible en la imagen de la derecha, nos indica que la foto fue obtenida durante la mañana, unas pocas horas antes del mediodía solar.

Dicho interrogante, supone un primer momento de intercambio de ideas entre docentes y alumnos, y permite indagar los saberes previos de estos últimos. Algunas preguntas útiles para plantear durante la discusión podrían ser las siguientes:

- ¿A qué se debe que la dirección de las sombras cambie y lo mismo su tamaño? ¿Por qué sucede esto? (Discusión sobre la trayectoria aparente del Sol.)
- ¿Cuánto tiempo deberá transcurrir para que el obelisco (que actúa como nuestro gnomon) proyecte sobre el suelo dos sombras de aproximadamente la

misma longitud? (Buscamos obtener mayor precisión sobre la forma del arco diurno solar.)

- ¿Cómo se llama el momento del día que separa aproximadamente las sombras de un lado y del otro de la avenida 9 de julio? ¿Con qué hora civil se corresponde? (Discusión relativa a horario civil *versus* horario solar.)
- ¿Qué longitud tendrá la sombra en ese momento, comparada con su longitud en otros momentos del día? ¿Qué implica esto con relación a la altura del Sol sobre el horizonte?
- ¿Existe, entonces, alguna manera de ubicarnos espacialmente (y de orientarnos) haciendo uso de nuestro obelisco? ¿Cómo lo haríamos? ¿Cuánto tiempo nos llevaría?

Las preguntas anteriores nos llevan a poner el foco de la discusión en el recorrido aparente del Sol y en cómo cambia la sombra de un objeto cualquiera con el correr del tiempo. El intercambio también nos permite descubrir que, independientemente de la época del año, en cada día siempre hay una sombra que es la más corta de todas, y que se orienta a lo largo de la meridiana local del sitio de observación. En el caso de sitios ubicados por fuera de la zona tropical del planeta, esa sombra apuntará hacia el norte (en el hemisferio norte) o hacia el sur (en el hemisferio austral; este es precisamente el caso de Buenos Aires). Por el contrario, en el caso de sitios ubicados en la franja intertropical, la orientación norte o sur dependerá de la época del año en la que se trabaje. En cada uno de esos sitios habrá un día (en realidad, hay dos de esos días) en el que la sombra más corta tiene longitud nula (pues el Sol se halla en el cenit, al mediodía solar). Un par de días antes y un par de días después de ese día, las sombras correspondientes del mediodía solar apuntarán en sentidos contrarios.

Luego de esta breve “entrada en tema”, a continuación debemos pasar de un gnomon real, como el obelisco, ubicado en un sitio particular de la ciudad, a un gnomon simulado, ubicado en el lugar apropiado de nuestro globo terráqueo paralelo. Para hacerlo, podríamos simplemente colocar un palillo vertical sobre el GTP, precisamente en la ciudad en donde nos hallamos (si hemos orientado el GTP adecuadamente, esa ciudad se ubicará arriba de todo). El palillo lo podríamos fijar con plastilina o masilla para que quede rígido y no se mueva durante nuestro trabajo (si se mueve, su sombra también lo hará, y confundirá nuestras observaciones). Pero, como lo mencionamos antes, un objeto del tamaño adecuado para trabajar resultará desmesuradamente fuera de escala: un palillo de 2 cm de longitud sobre un globo de 15 cm de radio representa un obelisco de más de 850 km de altura. Y por supuesto, por el momento no hay nada, ni obelisco ni montaña, que alcance esas dimensiones sobre nuestro planeta.

¿Deberemos entonces contentarnos con un palillo-gnomon de tamaño irrealmente grande en nuestro trabajo didáctico con el GTP? Creemos que existe una solución interesante para recuperar la escala y las dimensiones adecuadas en nuestro trabajo de modelización. El docente puede sugerir a sus alumnos que construyan una “maqueta” simplificada del obelisco y de sus zonas aledañas, todo en dimensiones pequeñas, pero respetando las proporciones (ESTEBAN, 2009). Una vez hecho esto, puede colocarse la maqueta en el lugar apropiado del GTP, con la orientación adecuada, y tendremos resuelto el problema. Dispondremos así de un “simulador” de las sombras

del obelisco que representa fielmente no solo la orientación de las sombras sino también sus dimensiones (Figura 12).



Figura 12: En la foto de la izquierda se ve el dispositivo que permite estudiar las sombras proyectadas por un obelisco en el trabajo con el GTP. En este caso se trata del obelisco de la ciudad de Buenos Aires. El mapa cuadrado, pegado sobre un cartón y apoyado sobre el globo es un recorte del mapa de los alrededores del monumento y el alambre vertical que representa al obelisco tiene las dimensiones adecuadas, en proporción con el mapa (el monumento mide unos 67m de altura). En la foto se ve el polo sur del GTP y el mapa está orientado de manera que el norte quede hacia arriba de la hoja (la misma orientación del mapa de la derecha, que ya apareció en una figura anterior).

Haciendo el seguimiento de la sombra del obelisco, es posible detectar el momento aproximado en el cual ésta cruza de un lado al otro de la avenida 9 de julio (que corre aproximadamente de sur a norte). Como en Buenos Aires el Sol al mediodía siempre se halla del lado norte, la sombra más corta del obelisco indicará la dirección hacia el sur (hacia abajo en la imagen).

Dado que el GTP ha sido adecuadamente orientado y dado que la maqueta del obelisco y sus alrededores fue fabricada respetando las escalas y ubicada en el lugar correcto, las sombras que veamos sobre esta última son representación fiel y precisa (dentro de nuestra aproximación pedagógica) de las sombras verdaderas que el monumento proyecta en las calles y plazas de esa parte de la ciudad. En resumen, con nuestro dispositivo y sin necesidad de desplazarnos hacia ese lugar tan concurrido del microcentro de Buenos Aires, podemos saber con precisión cómo son las sombras y responder así la pregunta que inicialmente motivó nuestra actividad.

8. Obeliscos por todo el planeta

El dispositivo con el que venimos trabajando todavía puede brindarnos más servicios (y sorpresas). ¿Por qué limitarnos a conocer tan solo las sombras de nuestra ciudad? Veremos aquí que el GTP nos permite conocer la evolución de las sombras de cualquier objeto que se halle en cualquier parte de la Tierra, con la única restricción de que debe ser un sitio que, como el nuestro, esté iluminado por la luz del Sol (en otras palabras, que el terminador no lo haya dejado en las sombras).

Comencemos primero con algo cercano. Con el GTP adecuadamente alineado, coloquemos un simple palillo encima de nuestra ciudad. Este deberá estar orientado

radialmente, es decir, en la dirección que apunta al centro geométrico del globo. Al lado (a unos metros) del GTP coloquemos un palo de madera de aproximadamente 1 metro de longitud, parado, haciendo las veces de un gnomon recto vertical. Dejando pasar las horas, veremos que las sombras evolucionan de idéntica manera en ambos gnomones. Es decir, en ambos casos, por ejemplo, las sombras cruzan el meridiano local a aproximadamente la misma hora. Esto nos asegura que el dispositivo funciona bien. Pasemos ahora a lo que anunciamos unas líneas más atrás: distribuyamos palillos de 2 cm por todos lados en el GTP.

Para ir en orden, ubiquemos el meridiano que pasa por nuestra ciudad y aquellos meridianos cercanos a este. Coloquemos palillos “radiales” distribuidos por la superficie del globo, pero en sitios con coordenadas tales que la longitud sea constante y las latitudes varíen. En otras palabras, ubicaremos palillos a lo largo de los meridianos del GTP, como se muestra en la Figura 13. Para hacer la situación lo más simple posible, consideremos un equinoccio, que es el único momento del año en que el Sol llega a iluminar toda la Tierra y se halla equidistante de los polos. Durante esos dos días del año, como vimos, el Sol viaja a lo largo del ecuador celeste y, por ello, los sitios con latitud cero (círculo ecuatorial) tendrán al Sol en el cenit en su mediodía solar y los objetos allí ubicados solo proyectarán sombras hacia el oeste o hacia el este.



Figura 13: Cuatro vistas de un GTP ubicado en cercanías de Milán, Italia, a la hora del mediodía solar del equinoccio de marzo (del año 2011). Las fotografías fueron tomadas desde el norte (primera foto), desde el este (muestra África y el dedo señala la ciudad de Milán), desde el sur (con el palo incrustado en el polo sur) y desde el oeste (muestra Sudamérica). Los palillos radiales alineados a lo largo de los meridianos permiten visualizar muy bien la diferente orientación de las sombras en este horario. Nótese que dado que estamos en un equinoccio, la trayectoria aparente del Sol en el cielo coincide con el ecuador celeste. En consecuencia los palillos-gnomones ubicados en el círculo ecuatorial solo proyectan sombras a lo largo de dicho círculo. Imágenes cortesía del grupo de Sesto San Giovanni y del proyecto www.globolocal.net

De estas imágenes podemos verificar que las sombras aumentan su longitud a medida que nos alejamos del ecuador, en ambas direcciones, y son tanto más largas – para una hora solar fija– cuanto mayor es la latitud. Y no solo eso: nótese además que cuanto mayor es la latitud del sitio, tanto más se inclina la dirección de la sombra con respecto a aquella de la línea ecuatorial, exceptuando, por supuesto, a las sombras de los gnomones ubicados en el meridiano donde es, justamente, el mediodía solar. A lo largo de este último meridiano, la hora solar es exactamente la misma y los palillos proyectan sus sombras en dirección norte o sur (Figura 14).



Figura 14: Vista desde el sur del GTP de la figura anterior, ubicado en coordenadas (45°32'N, 09°14'E), hacia el noreste de Milán, en el mediodía solar de un equinoccio. Nótese que los palillos ubicados sobre el círculo ecuatorial solo proyectan sombras sobre ese círculo y que la desviación de las sombras respecto a la dirección este-oeste es tanto mayor cuanto más nos alejamos del ecuador. Entre otras varias consecuencias, esto último muestra claramente que los relojes solares horizontales deben ser construidos teniendo en cuenta la latitud del sitio donde serán usados (GANGUL, 2012). Dado que sitios sobre un mismo meridiano tienen la misma hora solar, la diferencia en las inclinaciones de las sombras que se muestran en esta imagen nos indica que los cuadrantes de estos relojes cambian si se cambia la latitud (ROHR, 1986).

A continuación, de manera similar a lo ya hecho, podemos colocar palillos pero ahora no distribuidos a lo largo de los meridianos sino a lo largo de los paralelos del GTP. Como estas son circunferencias cuyos planos se orientan perpendicularmente al eje de rotación del planeta, todos los palillos de un mismo paralelo “harán lo mismo”, cada uno en su momento. Es decir, las sombras que proyecte un palillo con el correr de las horas serán las mismas que aquellas que proyecten sus vecinos del mismo paralelo (horas antes u horas después).

A diferencia de lo que sucede con la latitud de un observador, que si conoce la época del año, las sombras le indicarán fielmente a qué distancia se halla del ecuador, hallar la longitud geográfica mediante las sombras no es una tarea simple. Por ejemplo, las sombras de un gnomon ubicado en Ciudad del Cabo (a una latitud de casi 34° S)

serán prácticamente las mismas que las de un gnomon ubicado en la ciudad de Montevideo (latitud de casi 35° S) unas cinco horas más tarde.

En consecuencia, las sombras por sí solas nos dicen muy poco sobre nuestra ubicación “en longitud” sobre la superficie terrestre. El lector quizás recordará que este problema fue uno de los que aquejó durante muchos años a los marinos de ultramar, quienes no contaban con ningún método astronómico simple (léase, usando las sombras) para saber en qué meridiano de la Tierra (o del océano) se hallaban (SOBEL, 1995).

Continuando con nuestra secuencia de actividades, hay muchos otros temas que podemos discutir con alumnos de los últimos años de la escolaridad secundaria y de formación docente. Por ejemplo: si imaginamos que la sombra de un gnomon se asemeja a la manecilla principal de un reloj analógico, ¿para qué lado gira esa manecilla? A menos que elijamos muy sutilmente el sitio sobre el GTP, cualquier día del año, en prácticamente cualquier lugar de la Tierra, la sombra de un objeto tendrá un sentido de giro muy bien definido (a favor o en contra de las agujas del reloj). Sitios ubicados hacia el norte del Trópico de Cáncer y sitios ubicados hacia el sur del Trópico de Capricornio tendrán siempre sentidos de giro (de las sombras) opuestos. Esta es una constatación que puede hacerse simplemente con el dispositivo que venimos usando. Nótese que en la “zona tórrida”, entre los trópicos, el Sol puede pasar por el lado sur o por el lado norte del cenit de un observador, dependiendo de la época del año en la que se halle. Esto hará que el sentido de giro de las sombras también cambie.

Para finalizar estas actividades, veamos algunos tópicos o preguntas adicionales que podemos plantear durante el desarrollo de la propuesta. Por ejemplo:

- Analicemos en qué lugares del planeta se da la situación que en algún día del año, al mediodía solar, un gnomon vertical no da sombra. (El docente puede sugerir emplear varios palillos ubicados en los distintos paralelos pero de un único meridiano del GTP.)
- ¿Tiene esto último alguna relación con la existencia de las líneas de los trópicos? (Esto justifica la presencia de esos dos paralelos singulares de la Tierra.)
- Si colocamos un palillo justo en el polo sur (o en el polo norte, dependiendo del hemisferio de residencia del observador), ¿cómo serán las sombras de este gnomon a lo largo del día? (Por la latitud extrema del sitio, es de suponer que los resultados serán sorprendentes y muy distintos de acuerdo a la época del año en la que se haga la observación.)
- Un dispositivo tan simple como el GTP, ¿permitirá estimar la hora local en cualquier lugar iluminado del planeta?
- Discutamos si existen zonas del GTP que merezcan el apodo de “países de las sombras largas”. (En cualquier día del año y en cualquier momento del día, el GTP nos permitirá visualizar las sombras de las zonas polares y verificar esta afirmación.)

Quizás también sea útil para estas actividades ofrecer a nuestros alumnos la posibilidad de confeccionar un cuadro con los datos que a ellos les resulten destacables. Los mismos alumnos podrán sugerir los datos a recabar de sus observaciones con el

GTP, pero en caso de que el docente lo crea necesario, aquí ofrecemos un posible cuadro modelo de registro donde los alumnos podrán volcar sus observaciones para luego analizar e interpretar los datos entre todos (Cuadro 1).

Ubicación del gnomon	Hora local	Descripción de la sombra	Comentarios

Cuadro 1: Modelo de cuadro de registro de datos para el trabajo de los alumnos con el globo terráqueo paralelo.

9. Consideraciones finales

La astronomía y la cosmografía están poco representadas en la educación formal en nuestro país, relegándose su dictado, en muchos casos, a proyectos especiales sostenidos desde la buena voluntad de los docentes. La responsabilidad de estos temas recae generalmente en profesores de física, matemática o geografía, para quienes, durante su formación, la astronomía no tuvo un lugar significativo.

Por otra parte, el análisis crítico de los diseños curriculares para la enseñanza primaria y niveles superiores permite corroborar la importancia otorgada a temas relacionados con los fenómenos astronómicos. Este es el caso en muchas de las jurisdicciones de nuestro país. Además, es reconocido el interés que “el espacio” genera en los alumnos, lo que brinda una excelente oportunidad para que los docentes trabajen algunas ideas que resultan ser muy interesantes y atractivas, aunque también problemáticas.

La existencia de obstáculos e ideas previas ya largamente estudiados en alumnos y docentes (CAMINO, 1995; POZO, 1999; MARTÍNEZ SEBASTIÀ, 2004; GANGUI *et al.*, 2010), y la falta de reflexión sobre los diversos temas astronómicos presentes en los diseños curriculares, vuelven necesario el trabajo de aula con materiales concretos, la modelización y el empleo de recursos novedosos. Se hace inminente una didáctica de la astronomía que contribuya, entre otras cuestiones, con recursos que aporten reales herramientas de trabajo en las clases.

El dispositivo aquí propuesto, aunque ya conocido y empleado por algunos investigadores desde hace años (LANCIANO *et al.*, 2011), aun no ha alcanzado el lugar que merece en la planificación usual de las clases de astronomía, quizás por falta de secuencias de trabajo guiadas y sencillas, recursos útiles para que los docentes puedan volcarlos en sus clases. Las actividades que aquí hemos propuesto intentan ayudar a paliar esta situación y a favorecer el empleo del globo terráqueo paralelo para reflexionar sobre la “astronomía diurna” (e.g., CAMINO y GANGUI, 2012), ya sea entre alumnos de la escolaridad primaria y secundaria, como entre los docentes en formación. De esta manera, intentamos colaborar para fomentar el desarrollo de aprendizajes significativos en el área de la astronomía.

Agradecimientos

El interés del autor en temas de astronomía diurna y de la didáctica de esta ciencia surgió hace varios años y se cimentó en el seno de las discusiones del proyecto CTS Enseñanza de la Astronomía (UFRGS, Porto Alegre, 2008) y en los sucesivos proyectos de colaboración internacionales (GloboLocal, 2011; Oblicuidad de la Eclíptica, 2012). El autor agradece las continuas discusiones con sus colegas y colaboradores, en particular con los miembros del grupo de Didáctica de la Astronomía del IAFE-CONICET/CeFIEC-FCEyN-UBA (M. Iglesias, E. Dicovski, F. Karaseur) y con los Prof. N. Camino y M. Longhini, con quienes, a pesar de la distancia, mantiene intercambios muy fructíferos. El autor también agradece los intercambios con integrantes del proyecto GloboLocal y algunas imágenes que tomó prestadas para el presente trabajo. Por último, el autor agradece el apoyo financiero parcial del CONICET y de la Universidad de Buenos Aires.

Referencias

CAMINO, N. Aprender a imaginar para comenzar a comprender. Los modelos concretos como herramientas para el aprendizaje en Astronomía. **Alambique**, n. 42, Monográfico “De las concepciones a los modelos en la enseñanza de las ciencias”, Sevilla, España. p. 81-89, 2004.

CAMINO, N. **Documentos inéditos y reflexiones sobre Didáctica de la Astronomía**. Disponible en: <www.plaza-del-cielo.org>. Acceso en 22 de noviembre de 2011.

CAMINO, N. **Génesis y evolución del concepto de gravedad: construcción de una visión de Universo**. Tesis de Doctorado en Ciencias de la Educación, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. U. N. de La Plata, Argentina, 2006.

CAMINO, N. Ideas previas y cambio conceptual en astronomía. Un estudio con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de la luna. **Enseñanza de las ciencias**, v. 13, n. 1, p. 81-96, 1995.

CAMINO, N.; GANGUI, A. Diurnal astronomy: using sticks and threads to find our latitude on Earth. **The Physics Teacher**, v. 50, p. 40-41, 2012.

CAMINO, N.; STEFFANI, M.; GANGUI, A.; SANCHEZ, A.; OLIVEIRA SARAIVA, F.; CORDANI, L. **Enseñanza de la astronomía: observación conjunta del equinoccio de marzo**, Cadernos SBPC 31, São Paulo: Off Paper, 2009.

ESTEBAN, E. El globo terráqueo paralelo: una bola mágica para enseñar astronomía. **Alambique** n. 61, p. 18-26, 2009.

GANGUI, A. Triángulos, senos y tangentes: matemática simple para construir un reloj de sol horizontal. **Ciencia Hoy**, v. 21, n. 126, p. 56-60, 2012.

GANGUI, A.; IGLESIAS, M. **Curso de posgrado “Didáctica de la Astronomía”:** (FCEyN-UBA), segundo cuatrimestre 2009 y segundo cuatrimestre 2010. Disponible en: <<http://cms.iafe.uba.ar/gangui/didaastro/posgrado/>>. Acceso en 11 de noviembre de 2013.

GANGUI, A.; IGLESIAS, M.; QUINTEROS, C. El movimiento de las sombras. **Ciencia Hoy**, v. 19, n. 110, p. 48-56, 2009.

GANGUI, A.; IGLESIAS, M.; QUINTEROS, C. Indagación llevada a cabo con docentes de primaria en formación sobre temas básicos de Astronomía. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 2, p. 467-486, 2010.

LANCIANO, N. *et al.* **Globo Local**. Disponible en: <<http://www.globolocal.net>>. Inicio del proyecto, 2011. El detalle de los grupos y las fotografías compartidas se hallan en el sitio: <<http://didascienze.formazione.unimib.it/globolocal/home11.htm>>. Acceso en 7 de noviembre de 2013.

LANCIANO, N. Ver y hablar como Tolomeo y pensar como Copérnico. **Enseñanza de las ciencias**, v. 7, n. 2, p. 173-182, 1989.

LANCIANO, N. **Análisis de las concepciones y de las observaciones en clase:** instrumentos para la definición de los objetivos educativos y de las estrategias pedagógicas para la enseñanza de la Astronomía en la Escuela Elemental en Italia. . Revisión de la tesis de doctorado, Universidad de Ginebra, Ginebra, 1996.

MARTÍNEZ SEBASTIÀ, B. La enseñanza/aprendizaje del modelo Sol-Tierra: Análisis de la situación actual y propuesta de mejora para la formación de los futuros profesores de primaria. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 1, p. 7-32, 2004.

NUSSBAUM, J. Children's conceptions of the earth as a cosmic body: a cross-age study, **Science Education**, v. 65, n. 2, p. 187-196, 1979.

NUSSBAUM, J. La Tierra como cuerpo cósmico. In: DRIVER, R. *et al.*(ed.). **Ideas científicas en la infancia y la adolescencia**. Madrid: Morata, 1999. Capítulo 9, p. 259.

PORLÁN, R. Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias por investigación. In: KAUFMAN, M.; FUMAGALLI, L.(comp.), **Enseñar ciencias naturales. Reflexiones y propuestas didácticas**. Buenos Aires: Paidós Educador, 1999.

POZO, J. I. Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 3, p. 513-520, 1999.

ROHR, R. **Cadrans solaires: histoire, théorie, pratique**. Strasbourg: Oberlin, 1986.

ROS, R. M. Estudio del horizonte local. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 8, p. 51-70, 2009.

SÁBATO, E. **Uno y el universo**, Buenos Aires: Sudamericana, 1970.

Alejandro Gangui

SOBEL, D. Longitude: the true story of a lone genius who solved the greatest scientific problem of his time, NY: Walker & Company, 1995.

O LADO ESCURO DA LUA NUNCA APANHA SOL?

*Odilon Giovannini*¹
*Daiana Pellenz*²
*Francisco Catelli*³

Resumo: Este trabalho apresenta a elaboração de uma resposta à pergunta “O lado escuro da Lua nunca apanha sol?” na qual são consideradas questões relacionadas às concepções iniciais dos alunos, de onde elas surgem e os elementos centrais que constituem uma “boa resposta”. Essas questões são tratadas, inicialmente, a partir de uma revisão da literatura sobre pesquisas na área e, em seguida, também com base nessa revisão, um objeto modelo didático que envolve os movimentos relativos do sistema Terra – Lua – Sol é proposto. Uma descrição detalhada da aplicação deste modelo em um ambiente de aprendizagem com alunos do ensino fundamental é relatada. As concepções iniciais apresentadas na literatura se confirmam e os questionamentos feitos pelos estudantes por ocasião da aplicação do modelo fornecem indícios de que uma aprendizagem significativa, pelo menos em algum grau, ocorreu.

Palavras-chave: Lado oculto da Lua; ensino de Astronomia; Modelos didáticos; Aprendizagem significativa.

EL LADO OSCURO DE LA LUNA NUNCA TOMA SOL?

Resumen: El artículo se presenta el desarrollo de una respuesta a la pregunta "¿El lado oscuro de la luna nunca toma sol?", en la que se consideran algunas cuestiones vinculadas que se refieren a las concepciones iniciales de los estudiantes, dónde surgen y los elementos básicos que componen una "respuesta correcta". Estas cuestiones se tratan inicialmente a partir de una revisión bibliográfica de la investigación en el área; seguidamente, y también sobre la base de ésta revisión, se propone un modelo didático que ejemplifica los movimientos relativos del sistema Tierra - Luna - Sol. Se describe a continuación una aplicación de este modelo en un entorno de aprendizaje con alumnos del ciclo primario. Los conceptos iniciales presentados en la literatura se confirman y las cuestiones planteadas por los estudiantes durante la implementación del modelo proporcionan evidencia de que se ha producido un aprendizaje significativo, al menos en cierta medida.

Palabras clave: El lado oculto de la luna; Enseñanza de la Astronomía; Modelos didáticos; Aprendizaje significativo.

IS THE DARK SIDE OF THE MOON EVER ILLUMINATED BY THE SUN?

Abstract: This work presents the elaboration of an answer to the question "Is the dark side of the moon ever illuminated by the sun?", in which issues related to the students' conceptions, how they arise, and the core elements that constitute a "good answer" are considered. These issues are initially elaborated from a literature review of the research in the field; then, and also based on this review, a didactic model that involves the relative motions of the Earth - Moon - Sun system is proposed. A description of the application of this model in a learning environment within middle school students is described. This work confirms the students' initial concepts described in the literature; on the other hand, the questions asked by students during the activity provide evidence that meaningful learning, at least to some degree, has occurred.

Keywords: Far side of the Moon; Teaching of Astronomy; Didactic models; Meaningful learning.

¹Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul (RS). E-mail: <ogiovannini@gmail.com>.

²Escola Estadual Dr. Renato Del Mese, Caxias do Sul, (RS). E-mail: <daipellenz@gmail.com>.

³Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS. E-mail: <fcатели@ucs.br>.

1. Introdução

A pergunta que move este trabalho “O lado escuro da Lua nunca apanha sol?” foi feita por um aluno do ensino fundamental, durante uma aula de astronomia, na qual eram debatidas algumas questões da prova da XVI Olimpíada Brasileira de Astronomia em 2013². Uma primeira providência a tomar seria a de tornar a pergunta mais precisa, dado que o enunciado já contém a resposta. Se há um “lado escuro”, então esse lado não apanha luz (do Sol). A pergunta pode então ser reformulada. Há um lado da Lua que nunca é visto da Terra. Chamemo-lo de “lado oculto”. Então, o lado oculto da Lua permanece sempre no escuro? A resposta direta é “Não. O lado oculto da Lua, periodicamente, é iluminado pelo Sol”. Coloquemo-nos na perspectiva do aluno que recebe essa resposta. Por que há um lado da Lua que é sempre oculto? Como é possível que esse lado, ora receba, ora não receba a luz do Sol? Respondê-la, pura e simplesmente, talvez seja uma ação inócua, pois a concepção alternativa em professores e alunos é que o chamado “lado escuro” da Lua é o lado que não está voltado para a Terra, não sendo iluminado pelos raios solares (LANGHI; NARDI, 2012, p.102).

Formular uma resposta mais abrangente, que pudesse auxiliar na compreensão deste fenômeno, passa pelo entendimento do “mecanismo” que permite explicar a resposta dada anteriormente. É claro que ela somente será dotada de significado para alguém que manifeste, de início, alguma forma de interesse. Essa é uma das condições para que se estabeleça um ambiente apropriado para a Aprendizagem Significativa, uma teoria de aprendizagem cognitivista, cuja fundamentação teórica foi desenvolvida por David Ausubel, em 1963, e por ele reiterada em 2000 (AUSUBEL, 2003). A outra condição é que o material de aprendizagem (livros, aulas, aplicativos, atividades práticas, modelos...) deve ser *potencialmente significativo*, isto é, tenha significado lógico, que possa ser relacionável de maneira não-arbitrária e não-literal a um conhecimento prévio apropriado e relevante da estrutura cognitiva do aprendiz (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p.34-38). Como enfatizado por Moreira (2011a, p.25), o material só pode ser “potencialmente significativo” e não “significativo”, pois o significado está nas pessoas que utilizarão os materiais como meio para uma aprendizagem significativa. E neste sentido, estamos propondo um recurso didático cuja utilização possa contribuir para uma resposta significativa à questão inicial: “O lado escuro da Lua nunca apanha sol?”.

Dada à questão inicial, diversas perguntas derivadas surgem. A primeira questão derivada (que um professor se colocaria de pronto) poderia ser: quais são as concepções iniciais dos estudantes que aparecem de maneira predominante, quando se trata do movimento da Lua? E, uma vez identificadas essas concepções, de onde elas surgem? Uma segunda questão derivada, tratada preliminarmente na introdução, poderia ser: o que uma resposta satisfatória deveria conter? Há uma terceira questão derivada, ou melhor, uma categoria delas: quais são as outras questões (ligadas ao movimento da Lua) que costumam surgir, quando o assunto é tratado no ambiente escolar, ou em ambientes não formais, ligados ao ensino e à aprendizagem da astronomia? Para finalizar, será necessário enfrentar o desafio de produzir, dentro de um contexto eminentemente didático, esta resposta, o que também é um dos objetivos deste trabalho.

² A questão 1 da prova de nível III da XVI Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA) menciona o lado oculto da Lua e as fases da Lua. A prova pode ser encontrada no site: <http://www.oba.org.br/sisglob/sisglob_arquivos/provas_gabaritos/2013/Prova_nivel_2_da_XVI_OBA_DE_2013.pdf> (acesso em: 29/11/2013).

O texto a seguir apresenta uma breve revisão de alguns trabalhos recentes sobre os fenômenos lunares e, em seguida, discute as concepções de alunos e professores sobre esse assunto. Então, um modelo didático é proposto a fim de responder a questão inicial e uma aplicação desse modelo com alunos do ensino fundamental é relatada. Finalizando esse trabalho, são apresentadas as considerações finais.

2. As fases da Lua na literatura recente

Os documentos oficiais recomendam fortemente a inclusão de astronomia no currículo escolar desde o ensino fundamental até o médio. No documento “Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) - terceiro e quarto ciclo do ensino fundamental - Ciências Naturais” (BRASIL, 1998), recomenda-se a abordagem de temas de astronomia, tanto do ponto de vista da sua contribuição para a história da ciência quanto ao que diz respeito do conhecimento específico da área, enfatizando a sua característica observacional e interdisciplinar. Neste mesmo PCN, afirma-se que é essencial considerar o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, relacionado suas experiências, sua idade, sua identidade cultural e social e os diferentes significados e valores que as Ciências Naturais e a astronomia, em especial, podem ter para eles, para que a aprendizagem seja realmente significativa. Os temas de astronomia também devem ser incorporados e compartilhados de forma explícita e integrada aos conteúdos das disciplinas afins do ensino médio, como sugerido no PCN+ Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (BRASIL, 2000). A presença de questões relacionadas à astronomia no Exame Nacional de Ensino Médio (ENEM) foi objeto de estudo de Gomide e Longhini (2011), que mostraram que, entre 1998 e 2008, as questões relativas a conteúdos de astronomia equivalem, em média, a 4,6% do total de questões do ENEM.

Atualmente, está disponível a todos os interessados no tema um número realmente muito grande de pesquisas no âmbito da educação em astronomia. Tanto para o ensino fundamental como para o ensino médio há diversos trabalhos na literatura recente descrevendo e propondo atividades práticas (DARROZ *et al.*, 2012; MARTINS; LANGHI, 2012; MORET; SOUZA, 2010; SILVA; CATELLI; GIOVANNINI, 2010; NOGUEIRA; CANALLE, 2009; SARAIVA *et al.*, 2007), utilizando recursos virtuais (LONGHINI; MENEZES, 2010; MARTINS; GODOI; MASCARENHAS 2010), com câmera digital (MARRANGHELLO e PAVANI, 2011; OURIQUE; GIOVANNINI; CATELLI, 2010) e jogos (BRETONES, 2013; BERNARDES; GIACOMINI, 2010) que auxiliam no processo de ensino e aprendizagem da astronomia. A característica interdisciplinar da astronomia, uma das justificativas para inserir o ensino de astronomia na educação básica e na formação de professores (LANGHI; NARDI, 2012), é abordada por Gama e Henrique (2010), como forma de motivar os alunos para o estudo das ciências exatas e matemática.

Em relação aos fenômenos lunares, Darroz *et al.* (2012) relatam uma atividade sobre as fases da Lua com alunos do sexto ano. Inicialmente, os alunos descrevem as formas como a Lua aparece no céu ao longo de um mês e, após, realizam uma atividade usando uma bolinha de isopor representando a Lua, uma fonte de luz, o Sol, e um aluno no centro de uma sala escura representando um observador na Terra. A partir dos registros escritos dos alunos que participaram dessa experiência, são identificados

indícios de que houve uma aprendizagem significativa. Martins e Langhi (2012) abordam as fases da Lua propondo, além de outras atividades didáticas, a construção de um modelo à luz dos referenciais da aprendizagem significativa; a finalização do trabalho se dá com a elaboração de uma história em quadrinhos. Moret e Souza (2010) apresentam vários recursos pedagógicos que podem ser utilizados nos anos iniciais do ensino fundamental, entre eles, as fases da Lua. Saraiva *et al.* (2007) desenvolvem uma atividade prática sobre as fases da Lua usando uma caixa de papelão.

Há também trabalhos dedicados à formação de professores. Uma publicação recente (LANGHI; NARDI, 2012) aborda com muita propriedade e amplitude os fatores relevantes para o desenvolvimento de processos formativos em professores da educação básica relacionados ao ensino da astronomia. Pinto, Fonseca e Vianna (2007) relatam um curso de curta duração para professores dos anos iniciais do ensino fundamental.

Percebe-se, a partir das referências acima mencionadas, que há um número significativo de trabalhos na literatura nacional relacionados ao ensino e a aprendizagem da astronomia para o ensino básico. Em particular, “fases da Lua” é assunto de vários trabalhos.

Entretanto, a aprendizagem significativa não ocorre simplesmente utilizando um recurso didático, como os descritos acima. O processo é mais complexo; há diversas variáveis atuando no ambiente de ensino. Entre elas, as concepções prévias dos alunos podem ser um bloqueador para a apropriação dos novos conhecimentos. A próxima sessão trata, portanto, das concepções em alunos e professores, que são, fundamentalmente, os protagonistas do processo de ensino e aprendizagem.

3. Concepções em alunos e professores acerca do movimento da Lua

Em levantamentos bastante completos feitos por Langhi e Nardi (2012) e Langhi (2011), as fases da Lua, incluindo a questão abordada neste trabalho, o “lado escuro” da Lua, aparecem como um dos assuntos em que as concepções alternativas ou prévias são comuns e muito resistentes, tanto entre alunos como nos professores.

Dentro de uma perspectiva da aprendizagem significativa, é fundamental identificar as concepções prévias dos alunos que se manifestam diante de situações desafiadoras e problematizadas. A partir desse mapeamento, é possível planejar e desenvolver unidades de ensino potencialmente significativa, facilitadoras da aprendizagem, como proposto por Moreira (2011b). Assim, os novos conhecimentos interagem com as ideias-âncoras ou “subsunçor” (como chamava Ausubel, para referir-se ao conhecimento prévio, que pode ser um conceito, imagem, representação, símbolo ou modelo mental) do aprendiz, de forma não-arbitrária e não-literal, adquirindo significado e incorporando-se na sua estrutura cognitiva com maior estabilidade (AUSUBEL, 2003). Não é objetivo aqui descrever em detalhes os aspectos teóricos da aprendizagem significativa e sua implementação no ensino de astronomia. Os trabalhos de Darroz *et al.* (2012) e Martins e Langhi (2012), que propõem atividades didáticas sobre as fases da Lua, sustentadas pelos princípios teóricos da Aprendizagem Significativa de Ausubel, são ótimas referências nesse tema.

Alguns trabalhos recentes investigam as concepções alternativas relacionadas aos fenômenos lunares. Machado e Santos (2011), por meio de um teste com 20

questões de múltipla escolha, buscam identificar o conhecimento prévio de 561 alunos do ensino fundamental e médio. O teste aplicado contempla seis questões relativas às fases da Lua e eclipses; em apenas uma questão, referente à fase da Lua associada a um eclipse total do Sol, o acerto foi superior a 60%. Nas demais questões referentes aos fenômenos lunares, os alunos do ensino médio obtiveram um índice de acertos de 27%, enquanto os do ensino fundamental acertaram 25% das questões. Uma dessas questões explorou o fato de a Lua estar sempre com a mesma face voltada para a Terra; apenas 16% dos alunos do ensino fundamental e 18% do médio a responderam corretamente.

Silveira, Sousa e Moreira (2011) realizaram uma avaliação diagnóstica com o objetivo de identificar as concepções prévias de alunos da sexta série do ensino fundamental a respeito do tema Terra e Universo. Diagnosticar os conhecimentos prévios do estudante antes de ensiná-los é fundamental para a implementação de sequências didáticas que viabilizem o processo de aprendizagem, dentro de uma perspectiva da teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2003). Os dados para a investigação foram coletados por meio de um questionário com 25 questões objetivas, dissertativas e ilustrativas. Os significados atribuídos pelos alunos a esse tema surgiram de uma análise qualitativa dos dados, resultando em categorias que representam as suas concepções. Os resultados da avaliação diagnóstica indicam, em relação ao tema Lua, diversas concepções conflitantes; por exemplo, para descrever o movimento que a Lua realiza no céu, apenas 14% dos alunos utilizaram conceitos científicos e fizeram uso correto da terminologia adequada. Os resultados da avaliação diagnóstica serviram como referência para a organização do plano de ensino, viabilizando o processo de aprendizagem, por adequar a sequência didática às características dos estudantes e ao contexto da sala de aula.

Em um estudo realizado com estudantes do ensino superior, Saraiva, Silveira e Steffani (2011) destacam que nos testes elaborados para avaliar as concepções alternativas sobre as fases da Lua, a formulação das questões não pode deixar dúvidas sobre o que se está querendo avaliar. A reformulação de algumas questões resultou em um aumento significativo no percentual de acertos. Os autores constataram também uma baixa familiaridade dos estudantes com a orientação através das direções dos pontos cardeais. As maiores dificuldades em relação às fases da Lua dizem respeito a identificar a hora e a localização no céu em que a Lua aparece em determinada fase. Por outro lado, em comparação com outros trabalhos, a causa da Lua mostrar sempre a mesma face para a Terra foi bem entendida pela grande maioria (85%) dos estudantes de Física questionados.

Queiroz, Souza e Machado (2009) descrevem um trabalho realizado com alunos do nono ano do ensino fundamental a fim de identificar os modelos mentais dos estudantes a respeito das fases da Lua e eclipses. A partir da identificação de modelos mentais, inicialmente precários e confusos, os autores propõem um caminho didático, que inclui a construção de maquetes representando o sistema Sol – Terra – Lua, para provocar uma mudança conceitual que resulte em um modelo mental consensual.

As concepções alternativas de alunos do ensino médio sobre as fases da Lua também foram identificadas na investigação conduzida por Iachel, Langhi e Scalvi (2008). Nesse trabalho os autores classificam as concepções alternativas dos alunos em 5 tipos: desconhece, confusa, atribui a outros fatores, incompleta e completa (as duas

últimas quando os alunos reconhecem um ou os dois fatores responsáveis pela ocorrência das fases da Lua).

Longhini e Mora (2010) investigam o conhecimento em astronomia de professores em serviço e em formação através de um instrumento diagnóstico e mostram que os tópicos mais complexos e com maior dificuldade de compreensão estão relacionados ao mecanismo que causa as fases da Lua e de que as estações do ano estão associadas à trajetória elíptica da Terra em torno do Sol.

As dificuldades dos professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino de astronomia também foram tema de investigação no trabalho realizado por Langhi e Nardi (2005). Os resultados da pesquisa indicam dificuldades de ordem pessoal, metodológicas, de formação e outras relacionadas às fontes de informações nas quais os professores estudam ou preparam suas aulas.

Neste momento, surge um desdobramento das situações referidas acima: de onde vêm estas concepções prévias? Abordar esta questão certamente trará elementos para compreender um pouco melhor a motivação dos estudantes quando se trata de aprender algo (às vezes nem tanto) novo. Os conhecimentos prévios que os estudantes (e também em alguns casos, os professores) possuem origem, têm história. Então, o meio sócio-cultural do qual emergiram estes conhecimentos prévios é de importância decisiva. Não aprofundaremos este aspecto neste trabalho; argumentos e ideias bastante úteis podem ser encontrados em Soares e Nascimento (2012), Sobreira (2010) e Scarinci e Paca (2006).

Entretanto, o professor que queira partir destes estudos para desenhar ambientes de aprendizagem que levem em conta e superem estas concepções deverá referir-se não apenas a uma concepção específica (como a que é tratada aqui) e, sim, a um conjunto delas.

4. O que deveria conter uma “boa” resposta à questão inicial?

Conforme os estudos apontados na revisão bibliográfica do tema, diversas pesquisas no âmbito do ensino e da aprendizagem da astronomia consideram a inserção de modelos como uma alternativa válida para a consolidação de conceitos científicos; no caso da questão que move esse trabalho, um modelo do sistema Terra – Lua – Sol vale a pena ser considerado. Se os movimentos relativos destes três astros não forem bem compreendidos (ou, o que é mais provável, se nenhum modelo mental, mesmo que incipiente, estiver previamente construído pelo aprendiz) concepções espontâneas grassarão.

Quais argumentos poderiam ser destacados a favor do uso de modelos na abordagem da questão do lado escuro da Lua? Por que diagramas e modelos? Há toda uma gama de argumentos, alguns dos quais mencionados nos textos citados por ocasião da revisão da literatura. Da nossa parte, buscaremos uma singela inspiração em Copérnico: “Dado que estes assuntos [os movimentos Terra em volta do Sol] exigem que os ponhamos mais diante dos olhos do que falemos deles, vamos descrever o círculo ABCD, representando a rotação anual do centro da Terra, traçado no plano da eclíptica” (COPÉRNICO, 1984, p.56).

Para começar, é necessário dar conta, pelo menos de forma preliminar, de outra questão. O que é um modelo? Trata-se aqui de um termo, “modelo”, essencialmente polissêmico, a tal ponto que é praticamente impossível chegar a uma definição amplamente aceita (LE MOIGNE, 1987, p.1-6). De um ponto de vista da epistemologia, modelos podem ser considerados estruturas (concretas ou abstratas), cuja função principal é a de representar aspectos escolhidos de uma dada realidade, fato ou coisa (BUNGE, 1974). O foco está no poder de representação: Armatte e Dalmedico (2004, p. 294) afirmam que “um modelo não tem tanto valor em si mesmo, senão naquilo que ele faz e para aquilo que ele serve”. Dado que a definição da palavra “modelo” é talvez excessivamente ampla para os propósitos deste trabalho, talvez seja mais profícuo procurar por sua funcionalidade. Bunge (1974) descreve assim esta funcionalidade: modelos seriam “pontes” de ligação entre as teorias e a realidade, ora operando como instrumentos de validação empírica de uma teoria, ora dando origem a novos objetos-modelo e a novas teorias.

O modelo que pretendemos desenvolver neste trabalho pode ser enquadrado como objeto-modelo didático³. Este tipo de modelo serve ‘para ensinar e para aprender’. Nestes objetos-modelo didáticos, além da finalidade (de certa forma óbvia) de ensinar e aprender, é necessária também uma consistência com os diversos modelos teóricos envolvidos. Estes modelos teóricos inserem-se numa teoria geral, que é a Mecânica Clássica (BUNGE, 1974). Entretanto, mesmo não abrindo mão desta consistência, será necessário respeitar alguns limites; a discussão das fronteiras de um determinado objeto-modelo didático é um dos pontos altos de seu uso no ambiente escolar.

Camino (2012) enfatiza que para aprender, em qualquer área, a capacidade de imaginar é fundamental. Em particular, no campo da astronomia, o uso de modelos e analogias auxilia a aprendizagem “tocando”, “vendo” e “sentindo” e não somente “pensando”. Salienta também que a utilização de modelos didáticos deve ser uma atividade comum com os alunos desde os primeiros anos, onde a imaginação está em formação. Por outro lado, alerta que um modelo particular com um propósito conceitual e didático sobre um determinado fenômeno específico é limitado ao campo conceitual para o qual foi projetado. Por esta razão, como afirmado anteriormente, é importante discutir os limites didáticos do modelo, ou seja, onde deixa de atender as necessidades para as quais foi elaborado.

5. Propondo um modelo

Algumas perguntas são recorrentes quando o tema da Lua e seu movimento são abordados no ambiente escolar. A pergunta que guia este trabalho “O lado escuro da Lua nunca apanha Sol?” contém a necessidade latente da construção de um modelo que dê conta dela, como será visto a seguir.

³ Objetos-modelo (BUNGE, 1974, p.35) são modelos simbólicos que reúnem algumas propriedades essenciais que se deseja representar. Já os modelos didáticos são representações de ordem superior (modelos de modelos), obtidos por transposição a partir dos modelos científicos (ADURIZ-BRAVO, MORALES, 2002, p. 77). Por fim, um objeto-modelo didático seria um “análogo concreto” de algum modelo científico, como atestam Galagovsky e Aduriz-Bravo (2001, p.236).

Outras perguntas que inevitavelmente surgem em atividades relacionadas ao movimento da Lua referem-se às fases da Lua e eclipses: quais partes da Lua aparecem iluminadas, e em quais épocas, quantas são as fases, e por que não ocorrem eclipses em todas as Lua Cheia ou Nova? Estas questões não serão aprofundadas aqui, mas esta é uma excelente ocasião para construir no ambiente de sala de aula modelos adequados que auxiliem na construção dos conceitos necessários. Recomendamos, por exemplo, a leitura dos trabalhos de Darroz *et al.* (2012), Martins e Langhi (2012), Nogueira e Canalle (2009), Queiroz, Souza e Machado (2009) e Saraiva *et al.* (2007).

Busquemos, então, essa resposta satisfatória à questão tema deste trabalho. Iniciaremos com a descrição de um modelo explicativo. É necessário, primeiramente, diferenciar o movimento de rotação - “*giro de um corpo em torno de um eixo que passa através dele*” (COMMINGS; KAUFMANN, 2010, apêndice G. 14) - de movimento orbital (o eixo de rotação está em geral fora do corpo; a Lua, por exemplo, se movimenta em torno do centro de massa do sistema Terra – Lua). Para fins didáticos, neste trabalho adotamos um período de 28 dias para a Lua completar uma volta em torno da Terra.

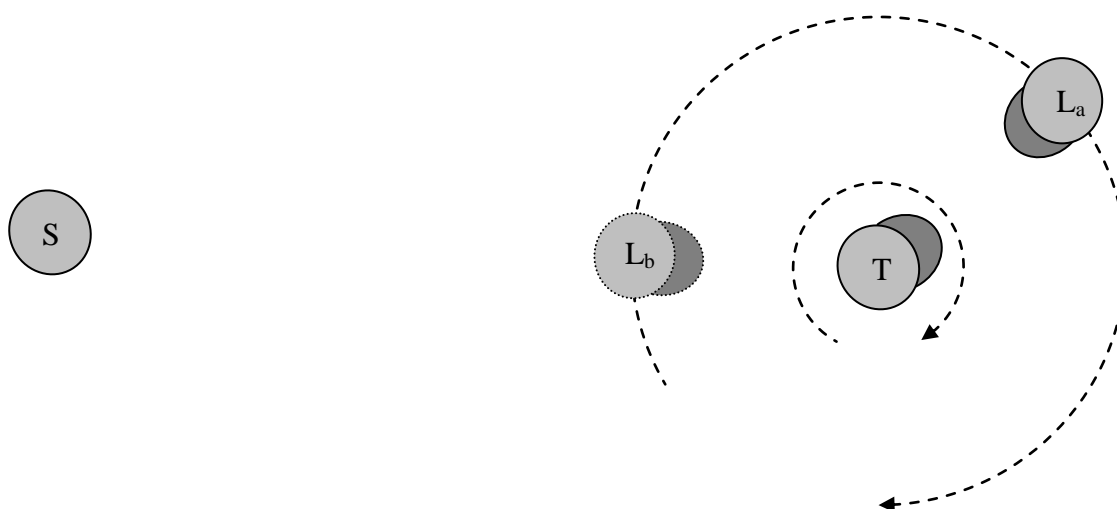


Figura 1 - Neste modelo, três pessoas representam o Sol (S, fixo, sem boné, visto de cima), a Terra (T, com boné, girando em torno de si mesma sobre o mesmo ponto; veja o texto) e a Lua (L_a e L_b, de boné, descrevendo uma órbita completa em volta da Terra, sempre “olhando”, veja a aba do boné, para a Terra).

Considere agora o modelo da Figura 1 – um modelo parecido é proposto por Nogueira e Canalle (2009, p.153) e por Ronan (1982, p.9). Neste modelo, o Sol, a Terra e a Lua são representados por três pessoas. A Figura 1 apresenta, numa vista superior, as cabeças de três pessoas que representam: o Sol (S), a Terra (T) e a Lua (L). As pessoas que representam a Terra e a Lua usam boné; a aba do boné servirá como referência. L_a e L_b configuram duas posições diferentes da Lua. Uma representação do sistema Sol – Terra – Lua como a que estamos propondo permite uma visualização (fora de escala) que pode facilitar a aprendizagem, pois uma das dificuldades inerentes na compreensão de assunto de astronomia, como as fases da Lua, é a alta abstração necessária e o conhecimento espacial exigido (LEITE; HOSOUME, 2009).

Coloquemos agora o modelo “a funcionar”. Enquanto a pessoa que representa a Terra gira, aproximadamente, 28 vezes em torno de si mesma (inicialmente, ela fará

isso sobre o mesmo ponto do assoalho), a pessoa que representa a Lua descreverá uma “órbita” completa em torno da Terra, sempre “olhando” para ela (a aba do boné de quem representa a Lua ajuda a entender melhor essa situação). Claro, não há necessidade de fazer a pessoa que representa a Terra rodar, de fato, 28 vezes em torno de si mesma. Podemos pedir a ela que rode algumas vezes. Imaginaremos que serão 28 rotações.

Mas, quem está posicionado na Terra (considere novamente a aba do boné da pessoa que representa a Terra) nem sempre vê a Lua. Em determinada época do mês, o observador da Terra poderá ver a Lua, por exemplo, na posição L_a , e ele a verá pelo lado da aba do boné L_a (veja a Figura 1). Note que é noite: o Sol está posicionado “nas costas” da pessoa que representa a Terra, T. Algumas horas depois, ele não verá mais a Lua; a aba de seu boné se voltará gradualmente para a direção da pessoa que representa o Sol (S), o “dia nasce”.

Alguns dias depois, a Lua estará posicionada na posição L_b . Note que, nesta posição, em qualquer hora do dia (ou da noite) será praticamente impossível ver a Lua devido ao ofuscamento produzido pela luz do Sol. Mas, se fosse possível vê-la (lembre: estamos “na Terra”!), então a veríamos novamente pelo lado da aba de seu boné. Temos agora a resposta que queríamos. As costas da pessoa que representa a Lua, ou seja, o lado oculto da Lua para quem está na Terra, são iluminadas pelo Sol, como podemos observar a partir do modelo da Figura 1. Então, o “lado escuro” da Lua nem sempre é “escuro”. Mas nós, da Terra, continuamos a não poder ver as costas da pessoa que representa a Lua; em outras palavras, nunca vemos as “costas” da Lua. Uma terminologia mais adequada é então “lado oculto”, e não “escuro”⁴.

O leitor perceberá agora um fato muito curioso. Se considerarmos o período de rotação da Lua, o intervalo transcorrido entre duas passagens de um dado ponto da superfície desta pela linha reta que une a Lua à Terra, perceberemos que este período é ... infinito! Já sabemos por quê: ao mesmo tempo em que a Lua dá uma volta em torno de seu eixo, ela também completa um giro em torno da Terra. Agora, olhando a Lua a partir de uma estrela distante, perceberemos que uma volta completa desta é feita em aproximadamente 28 dias. A sincronização entre o período de rotação da Lua e o seu período de translação ao redor da Terra também aparece em vários estudos como um assunto associado com certa dificuldade de compreensão. Longhini e Mora (2010), por exemplo, realizaram uma investigação sobre o conhecimento de astronomia com professores em serviço e em formação (alunos do curso de licenciatura). Na questão relacionada ao movimento sincronizado da Lua, 38% dos professores em serviço responderam corretamente.

O modelo proposto nesse trabalho, a fim de auxiliar na compreensão da resposta à questão “O lado escuro da Lua nunca apanha sol?”, foi “encenado” com alunos do sétimo e oitavo ano do ensino fundamental de uma escola pública na zona rural do município de Caxias do Sul, RS, como uma das diversas atividades realizadas pelos alunos da escola no contexto de uma mostra científica, abordando temas relacionados à astronomia e astronáutica. Ao propor esta encenação como uma forma de possibilitar a visualização dos fenômenos relativos ao movimento da Lua ao redor da Terra, os alunos

⁴ Imagens do lado oculto da Lua feitas por uma sonda podem ser vistas no site: <<http://noticias.terra.com.br/ciencia/fotos/0,,OI142588-EI301,00-Veja+fotos+das+novas+imagens+do+lado+oculto+da+lua.html>> (acesso 29/11/2013).

aprovaram a proposta e demonstraram entusiasmo; muitos deles, imediatamente, se ofereceram para representar o Sol, a Terra e a Lua.

A encenação ocorreu ao ar livre em uma manhã ensolarada da primavera, como podemos observar na imagem da figura 2. Os alunos, conduzidos pela professora, são posicionados para o início da representação do movimento da Lua em torno da Terra, como mostra a figura 2; o aluno de jaqueta azul (A) representa o Sol, o aluno com jaqueta cinza e boné é a Lua (B) e o aluno de jaqueta vermelha (C) representa a Terra.



Figura 2 - Encenação da órbita da Lua em torno da Terra. As letras A, B e C, nos alunos, representam o Sol, a Lua e a Terra, respectivamente. Os raios solares, de fato, como indicam as sombras dos alunos, parecem surgir do aluno A, o Sol.

A encenação é então iniciada. O aluno representando a Lua, B, movimenta-se em torno do aluno que representa a Terra, C. Na Figura 3 podemos observar o movimento da Lua ao redor da Terra em quatro diferentes posições apresentadas nas imagens A, B, C e D. Observa-se na imagem A que o lado oculto da Lua (as costas do aluno de boné) é iluminado pelo Sol, ou usando a expressão inicial, “apanha Sol”. Nas imagens B e D, os raios solares atingem uma parte da Lua voltada para a Terra e uma parte do lado oculto. Na imagem C, o lado oculto da Lua, para um observador na Terra, não é iluminado pelo Sol, ou seja, nesta posição, o lado oculto da Lua é também o lado escuro.

Além disso, durante a “encenação” do modelo, os alunos perceberam a impossibilidade de o representante da Terra poder ver as costas da Lua. O fato da Lua ser um astro iluminado pelo Sol, em qualquer posição durante a translação, também ficou evidente durante a encenação.

Uma dificuldade que surge nos alunos durante a encenação é perceber que a Lua também possui um movimento de rotação em torno do seu próprio eixo (esta dificuldade também foi registrada no levantamento realizado por Langhi e Nardi, 2012, p. 102, e Nogueira e Canalle, 2009, p.156). A reação de um estudante a essa encenação

foi: “Ah, agora sim. Entendi. Vemos sempre a mesma face da Lua. Então, ela não gira!” É essencial responder a essa questão derivada com clareza; nessa ocasião, o modelo encenado revela mais uma de suas qualidades. Da Terra, de fato temos esta impressão. Mas se nos imaginássemos no Sol (aluno A na figura 2) veríamos ora a “frente”, ora as “costas” da Lua, e não haveria mais “lado oculto”! Isso, de certa forma, “demonstra” que a Lua gira⁵. Pode-se mostrar que a Lua gira a partir das imagens B e D da figura 3; os alunos que estão assistindo a encenação (fora do sistema Terra – Lua, na posição do Sol, por exemplo) percebem que a Lua também girou em torno do seu eixo, enquanto orbitando a Terra, devido ao fato de verem a face (imagem B) e as costas (imagem D) do aluno que representa a Lua.



Figura 3 - Encenação da órbita da Lua (aluno com boné; o mesmo da Figura 2) em torno da Terra. As imagens A, B, C e D representam diferentes posições da Lua durante o seu movimento de translação.

Durante a encenação, alguns questionamentos surgiram. Além da questão da rotação da Lua, mencionada acima, surgiram questões a respeito de qual fase da Lua representava cada posição e a quantidade de luz recebida pela Lua. Houve também indagações, por parte de um dos alunos participantes, acerca da posição destes astros

⁵ Qual o tempo transcorrido para que ocorra uma revolução completa da Lua em volta de seu eixo? Se o sistema escolhido for o das estrelas distantes (“fixas”), então o período de rotação da lua é chamado “mês sideral” e dura aproximadamente 27,3 dias. Se a rotação completa é aferida em relação à direção que aponta da Terra para o Sol, então o período é chamado de “mês sinódico” e dura, aproximadamente, 29,5 dias. (Para entender as razões desta diferença, veja, por exemplo, COMINS e KAUFMANN, 2010, p. 47-48). Entretanto, o movimento de rotação não é um movimento relativo: se um corpo gira, ele girará com as mesmas características a partir de qualquer sistema (inercial) de referência que se queira escolher. Note que a Terra, neste caso, não pode ser considerada um sistema de referência inercial.

durante os fenômenos de eclipses lunares e solares (algumas questões foram tratadas também a partir de modelos propostos na literatura mencionados anteriormente).

Ao final da atividade, os alunos, então, voltaram-se à questão da OBA que motivou esse trabalho “Os astronautas nunca pousaram na face oculta da Lua”. Neste momento, o modelo proposto permitiu aos alunos tomarem conta de um fato curioso. A comunicação de um astronauta, posicionado no lado oculto da Lua, com a Terra seria dificultada, dado que a massa da Lua, interposta entre o astronauta e a Terra, atuaria como uma barreira quase intransponível para as ondas eletromagnéticas. O modelo proposto permite então prever que um astronauta fixado em algum ponto no lado oculto da Lua teria dificuldades de comunicação com sua base de lançamento, pois a Lua estaria sempre interposta entre ele e a Terra.

6. Considerações finais

A maior parte das concepções iniciais preconizadas na literatura pôde ser identificada no decorrer do trabalho. Um primeiro grupo de estudantes, constituído da maior parte dos participantes da atividade, desconhecia o fato de a mesma face da Lua ser sempre vista da Terra. Então, nesses casos, não há nem a possibilidade inicial de surgirem concepções alternativas, dado que não há um modelo mental de partida, mesmo que incipiente. Para o segundo grupo, o daqueles que conheciam o fato, sim, o lado oculto da Lua deveria estar necessariamente no escuro. Então, o modelo proposto apresentou uma dupla finalidade: a de criar, para os estudantes do primeiro grupo, um modelo mental do movimento da Lua em torno da Terra, e a de desconstruir, para os estudantes do segundo grupo, uma ideia irrefletida acerca do “lado escuro” do satélite natural da Terra.

Um primeiro dividendo do uso de modelos no contexto do ensino e da aprendizagem da astronomia se revelou então: a ocasião de elaborar uma linguagem mais precisa. A expressão “lado escuro da Lua” induz a conceitos confusos, enquanto que “lado oculto da Lua” remete a algo que não se vê, mas que não necessariamente permanece na escuridão. Entretanto, essa precisão na linguagem de nada vale se não for acompanhada de uma construção efetiva de significado. Alguns indícios dessa construção de significados surgiram a partir das questões que os próprios estudantes propuseram. O “giro” da Lua, suas fases, seu lado oculto foram objeto de questões. Esse nos parece um ponto importante: mais do que na resposta a questões “pré-fabricadas”, a aprendizagem significativa se revela também por ocasião das perguntas que os alunos fazem. São as perguntas feitas pelos estudantes, muito mais que as respostas (por vezes formuladas pelos professores) que atestam a vitalidade de um modelo didático.

A proposta de realização de uma encenação ao ar livre a fim de responder à questão tema deste artigo propiciou um ambiente de debates, questionamentos, dúvidas e afirmações (na resposta à questão da OBA, por exemplo), onde vários temas e conceitos foram abordados além daqueles demonstrados na representação. Diante disso, podemos dizer que o modelo proporcionou aos alunos um aprimoramento, em algum grau, dos seus conhecimentos, tornando-os mais elaborados e estáveis e adquirindo significados.

Por fim, a dinâmica dos corpos celestes não é de fato um assunto muito fácil. Mas, nas palavras de Dawkins (2009, p.220), “[...] é o modelo que é simples, e não o fenômeno que ele demonstra.” Essa é a expectativa desse trabalho: apresentar um modelo simples, que leve gradualmente à construção de ideias cada vez mais complexas acerca da dinâmica do sistema solar.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos revisores da RELEA pelas suas valiosas contribuições ao artigo e ao CNPq pelo apoio financeiro.

Referências

ADÚRIZ-BRAVO, A.; MORALES, L. El concepto de modelo en la enseñanza de la física: consideraciones epistemológicas, didácticas y retóricas. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.19, n.1: p.76-88, abr. 2002.

ARMATTE, M.; DALMEDICO, A. D. Modèles et modélisations, 1950 - 2000: Nouvelles pratiques, nouveaux enjeux. **Revue d’histoire des sciences**, v. 57, n. 2, p. 243-303, 2004.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003. Tradução do original **The acquisition and retention of knowledge** (2000).

AUSUBEL, D. P. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune & Stratton, 1963.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**, 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.

BERNARDES, A. O.; GIACOMINI, R. Viajando pelo sistema solar: um jogo educativo para o ensino de astronomia em um espaço não formal de educação. **Física na Escola**, v. 11, n. 1, 2010.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais - terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental**. Brasília: MEC / SEF, 1998.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **PCN+ Ensino Médio – Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEF, 2000.

BRETONES, P. S. (Org.). **Jogos para o Ensino de Astronomia**. Campinas: Átomo, 2013.

BUNGE, M. **Teoria e Realidade**. Coleção Debates. Tradução de Gita K. Guinsburg. São Paulo: Editora Perspectiva, 1974.

CAMINO, N. Aprender astronomía jugando en una plaza. **Revista Latino Americana de Educação em Astronomia**, n. 14, p. 39-56, 2012.

COMMINGS, N.; KAUFMANN III, W. J. **Descobrimo o Universo**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

COPÉRNICO, N. **As Revoluções dos Orbes Celestes**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, p.56. 1984.

DARROZ, L. M.; PÉREZ, C. A. S.; ROSA, C. W.; HEINECK, R. Propiciando aprendizagem significativa para alunos do sexto ano do ensino fundamental: um estudo sobre as fases da Lua. **Revista Latino Americana de Educação em Astronomia**, n. 13, p. 31-40, 2012.

DAWKINS, R. **O Maior Espetáculo da Terra**. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.

GALAGOVSKY, L.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Modelos y analogias en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. **Enseñanza de las ciencias**, v. 19, n. 2, 231-242, 2001.

GAMA, L. D.; HENRIQUE, A. B. Astronomia na Sala de Aula: Por Quê? **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 9, p. 6-15, 2010.

GOMIDE, H. A.; LONGHINI, M. D. Análise da presença de conteúdos de astronomia em uma década do exame nacional do ensino médio (1998-2008), **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 11, p.31-43, 2011.

IACHEL, G.; LANGHI, R.; SCALVI, R. M. F. Concepções alternativas de alunos do ensino médio sobre o fenômeno de formação das fases da Lua, **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 5, p. 25-37, 2008.

LANGHI, R. Educação em astronomia: da revisão bibliográfica sobre concepções alternativas à necessidade de uma ação nacional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 2, p. 373, 2011.

LANGHI, R.; NARDI, R. Dificuldades encontradas nos discursos de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino de astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 2, p.75, 2005.

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

LE MOIGNE, J. L. **Qu'est-ce qu'un Modèle?** Confrontations Psychiatriques, 1987, número spécial consacré aux modèles. Disponível em <<http://www.intelligence-complexite.org/fileadmin/docs/lemoign2.pdf>> Acesso em 30/11/2013.

LEITE, C; HOSOUME, Y. Explorando a dimensão espacial na pesquisa em ensino de astronomia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 3, 2009.

LONGHINI, M. D.; MENEZES, L. D. D. Objeto virtual de aprendizagem no ensino de Astronomia: Algumas situações problemas propostas a partir do software Stellarium, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 433. 2010.

LONGHINI, M. D.; MORA, I. M. Uma investigação sobre o conhecimento de astronomia de professores em serviço e em formação. In: LONGHINI, M. D. (org.) **Educação em Astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica**. Campinas, SP: Editora Átomo, p. 87 - 116. 2010.

MACHADO, D. I.; SANTOS, C. O entendimento de conceitos de astronomia por alunos da educação básica: o caso de uma escola pública brasileira. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 11, p. 7, 2011.

MARRANGHELLO, G. F.; PAVANI, D. B. Utilizando a câmera fotográfica digital como ferramenta para distinguir as cores das estrelas. **Física na Escola**, v. 12, n. 1, 2011.

MARTINS, B. A.; LANGHI, R. Uma proposta de atividade para a aprendizagem significativa sobre as fases da Lua. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 14, p. 27, 2012.

MARTINS, D. C.; GODOI, N.; MASCARENHAS, Y. P. Ensino de astronomia no ensino fundamental por meio da informática. In: LONGHINI, M. D. (org.). **Educação em astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica**. Campinas: Editora Átomo, p. 117 - 141, 2010.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2011a.

MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas - UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista/ Meaningful Learning Review**. Porto alegre, v.1, n.2, p.43 - 63. 2011b.

MORET, S. S.; SOUZA, M. O. Desenvolvimento de recursos pedagógicos para inserir o ensino de astronomia nas séries iniciais do ensino fundamental, **Revista Latino-Americana de Educação em astronomia**, n. 9, p. 33, 2010.

NOGUERIA, S.; CANALLE, J. B. G. **Astronomia: ensino fundamental e médio** (Coleção Explorando o Ensino, vol. 11), Brasília: MEC, SEB; MCT; AEB, 2009.

OURIQUE, P. A.; GIOVANNINI, O.; CATELLI, F. Fotografando estrelas com uma câmera digital. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, p. 1302-1-1302-8, 2010.

PINTO, S. P.; FONSECA, O. M.; VIANNA, D. M. Formação continuada de professores: estratégia para o ensino de astronomia nas séries iniciais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 71-86, 2007.

QUEIROZ, G. P.; SOUSA, C. J. B.; MACHADO, M. A. D. A prática de pesquisa de um professor do ensino fundamental envolvendo modelos mentais de fases da Lua e eclipses. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n.8, p. 19-36, 2009.

RONAN, C. A. **Los Amantes de la Astronomia**. Barcelona: Editorial Blume, 1982.

SARAIVA, M. F. O.; SILVEIRA, F. L.; STEFFANI, M. H. Concepções de estudantes universitários sobre as fases da Lua. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n.11, p. 63-80, 2011.

SARAIVA, M. F.; AMADOR, C. B.; KEMPER, E.; GOULART, P.; MULLER, A. As fases da Lua numa caixa de papelão. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 4, p. 9-26, 2007.

SCARINCI, A; PACCA, J. Um curso de astronomia e as pré-concepções dos alunos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 89-99, 2006.

SILVA, F. S.; CATELLI, F.; GIOVANNINI, O. Um modelo para o movimento anual do sol a partir de uma perspectiva geocêntrica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, p. 7-25, 2010.

SILVEIRA, F. P. R. A.; SOUSA, C. M. S. G.; MOREIRA, M. A. Uma avaliação diagnóstica para o ensino de astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 11, p. 45, 2011.

SOARES, L. M.; NASCIMENTO, S. S. Formas de apropriação de instrumentos para o ensino de astronomia na formação continuada de professores. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 13, p. 41- 59, 2012.

SOBREIRA, P. H. A. Estações do Ano: concepções espontâneas, alternativas, modelos mentais e o problema da representação em livros didáticos de Geografia. In: LONGHINI, M. D. (Org.) **Educação em Astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica**. Campinas: Editora Átomo, p. 37-58, 2010.

EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS DE ASTRONOMIA NO DECORRER DA EDUCAÇÃO BÁSICA

*Luiz Marcelo Darroz¹
Cleci Werner da Rosa²
Álvaro Becker da Rosa³
Carlos Ariel Samudio Pèrez⁴*

Resumo: Embora a astronomia seja considerada uma das ciências mais antigas da humanidade e ainda que a compreensão de seus conceitos tenha trazido enormes avanços para a Ciência e, conseqüentemente, para a sociedade, observa-se que uma parcela significativa de pessoas encontra-se à margem desses conhecimentos. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para a Educação Básica, cabe à escola a difusão dos conceitos cientificamente corretos, entre eles os relacionados à área de astronomia. Pertinente a essa questão, apresenta-se uma pesquisa realizada com 140 estudantes do nono ano do ensino fundamental e com 120 estudantes da terceira série do ensino médio de quatro escolas da região de Passo Fundo/RS. Buscou-se averiguar, por meio de um questionário composto de questões abertas e de múltipla escolha, o conhecimento desse grupo de estudantes acerca de termos e fenômenos astronômicos básicos e, também, verificar se o índice de acertos cresce à medida que eles avançam nas diferentes e gradativas séries dos ensinos fundamental e médio. De modo geral, os resultados apresentados demonstram que o ensino de astronomia na educação básica enfrenta deficiências. Das 20 questões investigadas, em 17 os índices de acertos são semelhantes nas respostas dadas por estudantes de nível fundamental e médio, revelando que muitas concepções equivocadas permanecem ao longo da educação básica. Isso evidencia que tais temas não são – ou são pouco – abordados durante esses dois níveis de escolarização. Assim, conclui-se que a discussão dos conceitos relacionados com a astronomia deve receber maior ênfase na abordagem dos diferentes conteúdos, sendo necessária uma ação nacional em prol do seu ensino. Acredita-se que essa ação nacional deve estar apoiada em um pilar triplo de atores coletivos: comunidade científica, comunidade astronômica semiprofissional e comunidade escolar. Por fim, esse pilar seria a base para futuras discussões relacionadas à atuação dessas instâncias como meio de promover mudanças ativistas na estrutura curricular, proporcionando, mais efetivamente, a educação em astronomia no ensino básico.

Palavras-Chave: Ensino de Astronomia; Ensino de Ciências; Astronomia.

LA EVOLUCIÓN DE LOS CONCEPTOS DE ASTRONOMÍA DURANTE LA EDUCACIÓN BÁSICA

Resumen: Si bien la astronomía es considerada una de las ciencias más antiguas de la humanidad y aunque la comprensión de sus conceptos haya traído enormes avances para la ciencia y, conseqüentemente, para la sociedad, se observa que una parte significativa de personas se encuentran al margen de estos conocimientos. De acuerdo con los Parâmetros Curriculares Nacionales para la Educación Básica, corresponde a la escuela la difusión de los conceptos científicamente correctos, entre ellos los relacionados al área de astronomía. Sobre esta cuestión, se presenta una investigación realizada con 140 estudiantes del noveno año de la enseñanza fundamental y con 120 estudiantes del tercer año de la enseñanza de nivel medio de cuatro escuelas de la región de Passo Fundo/RS. Se pretendía averiguar, por medio de un cuestionario compuesto de preguntas abiertas y de opción múltiple, el conocimiento de este grupo de alumnos sobre términos y fenómenos astronómicos básicos y, también, si el índice de

¹ Universidade de Passo Fundo. UPF. <ldarroz@upf.br>.

² Universidade de Passo Fundo. UPF.<cwerner@upf.br>.

³ Universidade de Passo Fundo. UPF.<alvaro@upf.br>.

⁴ Universidade de Passo Fundo. UPF. <samudio@upf.br>.

aciertos crece en la medida que los alumnos avanzan a los diferentes y sucesivos años de la enseñanza fundamental y media. De modo general, los resultados demuestran que la enseñanza de astronomía en la educación básica muestra deficiencias. De los 20 asuntos investigados, 17 revelan índices de aciertos semejantes en las respuestas dadas por los estudiantes de nivel básico y medio, mostrando que muchas concepciones equivocadas permanecen a lo largo de la educación básica. Esto hace evidente que estos temas no son – o son poco – abordados durante esos niveles de escolarización. Así, puede concluirse que la discusión de los conceptos relacionados a la astronomía debe recibir un mayor énfasis en cuanto al abordaje de los diferentes contenidos, siendo necesaria una acción nacional en pro de su enseñanza. Es necesario destacar que esa acción nacional debe estar apoyada en un pilar triple de actores colectivos: comunidad científica, comunidad de astronomía semi profesional y la comunidad escolar. En fin, ese pilar sería la base para futuras discusiones relacionadas a la actuación de esas instancias como vía para promover cambios en la estructura curricular, proporcionando más efectivamente, la educación en astronomía en la enseñanza de nivel básico.

Palabras clave: Enseñanza de Astronomía; Enseñanza de ciencias; Astronomía.

EVOLUTION OF THE ASTRONOMY CONCEPTS ALONG BASIC EDUCATION CYCLE

Abstract: Although astronomy is considered one of the older sciences of humanity and that the understanding of its concepts has brought tremendous advances to Science and therefore, to society, it is observed that a significant portion of people live outside of this kind of knowledge. According to the *Parâmetros Curriculares Nacionais* for basic education, it is the school responsibility the dissemination of scientifically correct concepts, including those related to astronomy. Concerning this issue, we present a survey of 140 students of ninth grade of elementary school and 120 third-grade high-school students from four schools in the region of Passo Fundo/RS. We sought to determine, through a questionnaire consisting of open and multiple choice questions, the knowledge of this group of students about the basic terms and astronomical phenomena, and also verify that the hit rate increases as they advance through the different and progressive grades of primary and secondary education. Overall, the results show that the teaching of astronomy in basic education is facing problems. Of the 20 issues investigated, in 17 the indicators are similar in the correct answers given by students for elementary and middle school, revealing that many misconceptions still remain along basic education. This demonstrates that such issues are not - or are rarely - covered during these two school levels. Thus, we conclude that the discussion of concepts related to astronomy should receive greater emphasis on approaching different subjects, requiring a national action in support of their teaching. It is believed that a national action should be supported by a triple pillar of collective actors: the scientific community, semi-professional astronomy community and the school community. Finally, this pillar would be the basis for future discussions related to the performance of these protagonists as a means to promote active changes in the curricular structure, providing, in more effective ways, the learning of astronomy in basic education.

Keywords: Teaching of Astronomy; Teaching of Science; Astronomy.

1. Introdução

Desde a mais remota Antiguidade, a astronomia vem despertando a curiosidade humana. O fascínio pelo céu tem levado o homem a observá-lo, a estabelecer teorias e a adquirir conhecimentos sobre o universo. Para muitas civilizações antigas, esses conhecimentos auxiliaram a prever efeitos cíclicos dos quais dependiam sua sobrevivência, como determinar a melhor época de plantio e colheita, instituir padrões para a construção de calendários ou estimar o início de uma nova estação do ano e as fases lunares (OLIVEIRA; SARAIVA, 2010). Na época em questão, os assuntos referentes à astronomia costumavam ser vistos de forma supersticiosa, pois esta era

considerada um mundo paralelo, habitado por deuses, monstros e heróis (MATSUURA, 1996).

A construção de ferramentas de observações mais avançadas levou ao fato que, com o passar do tempo, os conhecimentos dessa área aumentassem significativamente. Porém, questões políticas, religiosas e sociais exerceram forte influência sobre a forma de se conceber o céu, em certos casos, valorizando a aquisição de novos conhecimentos e, em outros, impedindo a sua difusão, de acordo com as necessidades e as concepções filosóficas de cada povo. No entanto, foi no final da Idade Média e no início do Renascimento que a astronomia teve um grande avanço. Os trabalhos de Nicolau Copérnico, Tycho Brahe, Johannes Kepler, Galileu Galilei, Isaac Newton, entre outros, transformaram-na em uma das principais molas propulsoras para transformar a visão de mundo (DARROZ; HEINECK; PÉREZ, 2011).

Ainda hoje, o conhecimento astronômico da população se prende a credences populares ou a informações divulgadas pelos meios de comunicação. Diante disso, cabe à escola desempenhar o papel de difusora dos conhecimentos científicos, buscando utilizar os conhecimentos prévios dos estudantes para fomentar a construção de conhecimentos científicos mais adequados.

Para atingir esse objetivo, os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCNs (BRASIL, 1998) recomendam, enfaticamente, o ensino de astronomia e apresentam, para o desenvolvimento de conceitos astronômicos, os seguintes procedimentos e atitudes:

Identificação, mediante observação direta, de algumas constelações, estrelas e planetas recorrentes no céu do hemisfério Sul durante o ano, compreendendo que os corpos celestes vistos no céu estão a diferentes distâncias da Terra;

Identificação da atração gravitacional da Terra como a força que mantém pessoas e objetos presos ao solo ou que os faz cair, que causa marés e que é responsável pela manutenção de um astro em órbita de outro;

Estabelecimento de relação entre os diferentes períodos iluminados de um dia e as estações do ano, mediante observação direta local e interpretação de informações deste fato nas diferentes regiões terrestres, para compreensão do modelo heliocêntrico;

Comparação entre as teorias geocêntrica e heliocêntrica, considerando os movimentos do Sol e demais estrelas observados diariamente em relação ao horizonte e o pensamento da civilização ocidental nos séculos XVI e XVII;

Reconhecimento da organização estrutural da Terra, estabelecendo relações espaciais e temporais em sua dinâmica e composição;

Valorização do conhecimento historicamente acumulado, considerando o papel de novas tecnologias e o embate de ideias nos principais eventos da história da Astronomia até os dias de hoje. (BRASIL, 1998)

Essas recomendações conduzem diversos pesquisadores a se dedicarem ao estudo das concepções relacionadas a fenômenos astronômicos presentes na estrutura cognitiva de estudantes do ensino fundamental. Nardi (1989), em uma investigação realizada por meio de entrevistas clínicas, constatou que estudantes desse nível de ensino apresentam diferentes noções na compreensão da forma da Terra. Além de terem

noções equivocadas a esse respeito, Nardi e Carvalho (1996), em outro estudo, apontam que é comum crianças acreditarem na ausência de gravidade na Lua, devido à falta de atmosfera ao redor do astro. Teodoro e Nardi (2001), por sua vez, relatam, em pesquisa realizada com alunos do ensino fundamental, interpretações inadequadas quanto aos temas de peso de corpos, estrelas, planetas e demais corpos celestes.

Pacca e Scarinci (2006) também descrevem os resultados obtidos em um curso de Ciências da quinta série do ensino fundamental que procurou levar os alunos à compreensão de fenômenos ligados à astronomia. Nesse programa, em que foi utilizada uma metodologia de natureza construtivista, os autores afirmam ter encontrado evolução dos alunos nas metas de aprendizagem, como autonomia, autoconfiança e capacidade de raciocínio e reflexão. Por seu turno, Iachel, Langhi e Scalvi (2008), partindo das dificuldades dos docentes sobre fenômenos relacionados à astronomia, realizaram uma investigação que revelou que as origens de tais lacunas são de ordem pessoal, metodológica, resultado, ainda, da formação, da infraestrutura e da falta de informações. Trumper (2001), em um estudo quantitativo, consultou 378 estudantes entre 10 e 12 anos sobre diversos temas relacionados à astronomia, constatando, ao indagá-los, que as concepções apresentadas são pouco estruturadas e com muitos erros conceituais. De acordo com Rodríguez (2007), em outra pesquisa, o problema está nas concepções dos professores do ensino fundamental. Ele verificou que as falhas nas representações mentais a respeito do universo e nos modelos cosmológicos desses professores devem-se ao fato de uma formação em Ciência que não possibilita ao aluno compor concepções cientificamente válidas de astronomia e seu entorno.

Ao analisar esses estudos, diante da importância da astronomia na sociedade, bem como de sua influência sobre a cultura, o desenvolvimento tecnológico, a economia e o cotidiano do ser humano, percebe-se um fato bastante preocupante: o estudo de Ciências, no decorrer do ensino fundamental, está deixando lacunas conceituais na área de astronomia.

Assim, o ensino médio surge como possibilidade de proporcionar um estudo mais concreto do tema. Os Parâmetros Curriculares Nacionais dessa etapa da educação básica destacam que a Física deve promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada jovem, assumindo uma dimensão tal que explique a queda dos corpos, o movimento da Lua e das estrelas no céu, o arco-íris e, também, os raios laser. Trata-se, portanto, de uma Física que discuta a origem do universo e sua evolução (BRASIL, 1998). O mesmo documento evidencia, ainda, a importância de se considerar o cotidiano dos estudantes, os fenômenos que fazem parte de seu dia a dia e os problemas que aguçam sua curiosidade, de forma a tornar a aprendizagem significativa.

As orientações educacionais complementares aos PCNs (BRASIL, 2002) apontam o tópico “Universo, Terra e vida” como um dos seis temas estruturadores do ensino de Física. Além disso, destacam a importância de “responder ao interesse” que os jovens já possuem sobre os enigmas do universo, fornecendo subsídios para que possam acompanhar as conquistas espaciais, lidar com modelos de universo e reconhecer as condições básicas para a vida humana.

Nessa perspectiva, apresentam-se, neste trabalho, os resultados de uma pesquisa realizada com estudantes matriculados no nono ano do ensino fundamental e na terceira série do ensino médio. Buscou-se averiguar, por meio de um questionário composto de questões abertas e de múltipla escolha, o conhecimento desse grupo de estudantes quanto a termos e fenômenos astronômicos básicos. Procurou-se identificar, também, se

o índice de acertos cresce à medida que o estudante avança nas diferentes e gradativas séries da educação básica.

2. Os sujeitos da amostra de pesquisa e a metodologia utilizada

A pesquisa foi realizada no início do segundo semestre de 2013 com um grupo de 260 estudantes, dos quais 140 frequentam o nono ano do ensino fundamental e compreendem a faixa etária entre 14 a 17 anos, sendo 52% do sexo masculino. Os 120 estudantes da terceira série do ensino médio participantes da pesquisa estão inseridos na faixa etária de 15 a 19 anos, e 42% são meninas. A amostragem foi escolhida aleatoriamente em quatro escolas da região de Passo Fundo – RS, sendo duas da rede privada e duas da pública. Optou-se por realizar a pesquisa com a mesma amostragem de estudantes das duas redes de ensino.

As escolas que fazem parte da rede pública de ensino possuem, em seus currículos, três períodos semanais, de quarenta e cinco minutos cada, destinados ao estudo da disciplina de Ciências no ensino fundamental e dois períodos, também de quarenta e cinco minutos, reservados ao estudo da Física no ensino médio. Já nas escolas da rede privada de ensino, o tempo destinado ao estudo de Ciências no ensino fundamental e para a Física no ensino médio corresponde, respectivamente, a quatro e três períodos semanais de cinquenta minutos cada. É importante salientar que esses dados servem apenas para contextualização, uma vez que não se pretende efetuar, neste trabalho, a comparação entre as respostas dadas por estudantes das diferentes redes de ensino. O que se busca é identificar se há um crescimento dos conhecimentos de astronomia ao longo da educação básica.

Para atingir esse objetivo, elaborou-se um questionário impresso composto de 20 questões sobre conceitos básicos de astronomia, apresentadas no quadro 1. O instrumento compreende um grupo de quatro questões abertas, em que os estudantes deveriam expressar seus conhecimentos de forma dissertativa, e outro grupo, com dezesseis questões de múltipla escolha, nas quais cada participante escolheria, entre quatro alternativas, aquela que julgava correta.

<p>1. Em sua opinião Astronomia</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>2. A teoria científica mais aceita para a explicação do surgimento Universo é</p> <p>a) a versão bíblica do livro do Gêneses.</p> <p>b) a do <i>Big Bang</i>.</p> <p>c) a do estado estacionário.</p> <p>d) a da unificação das galáxias.</p>
<p>3. Um astro luminoso</p> <p>a) não possui luz própria, como a Lua e a Terra.</p> <p>b) não possui luz própria, como a Lua, a Terra e os demais planetas.</p> <p>c) possui luz própria, como o Sol, a Lua e as estrelas.</p>

d) possui luz própria, como o Sol e as outras estrelas.

4. Um astro iluminado

- a) possui luz própria, como o Sol.
- b) reflete a luz proveniente de um astro luminoso, como as estrelas cadentes.
- c) não possui luz própria, como a Lua, a Terra, as estrelas e os cometas.
- d) não possui luz própria e reflete a luz proveniente de astros luminosos. A Terra e os demais planetas do Sistema Solar são exemplos desse tipo de astro.

5. O que é uma estrela?

.....
.....

6. Represente uma estrela através de um desenho.

7. Uma estrela “nasce” (se forma)

- a) no centro do Universo.
- b) em qualquer lugar do espaço.
- c) no interior de uma nebulosa.
- d) não nasce nem se forma; ela é perpétua.

8. O fim de uma estrela depende

- a) da posição que ocupa no espaço.
- b) de sua massa.
- c) da sua temperatura.
- d) uma estrela não tem fim.

9. Constelação é

- a) um agrupamento de estrelas próximas.
- b) um agrupamento de estrelas de mesmo tamanho.
- c) um agrupamento de estrelas de mesma galáxia.
- d) um agrupamento aparente de estrelas.

10. O Sol é

- a) um asteroide.
- b) um planeta.
- c) uma galáxia.
- d) uma estrela.

11. A Lua é

- a) o único satélite natural do Sistema Solar.
- b) o corpo celeste luminoso mais próximo da Terra.
- c) o maior satélite natural do Sistema Solar.
- d) o corpo celeste mais próximo da Terra.

12. O Sistema Solar é constituído

- a) pelo Sol e pelos oito planetas.
- b) pelo Sol, pelos oito planetas com suas luas e anéis, além dos planetas anões, asteroides e cometas.
- c) pelo Sol, a Terra e a Lua.
- d) pelas estrelas, o Sol, a Terra, os planetas e a Lua.

13. Qual das seguintes sequências está corretamente agrupada em ordem de maior proximidade da Terra?

- a) Estrelas, Lua, Sol, Plutão.
- b) Sol, Lua, Plutão, estrelas.
- c) Lua, Sol, Plutão, estrelas.
- d) Lua, Plutão, Sol, estrelas.

14. A partir de 2006, Plutão passou a ser considerado planeta-anão por

- a) ser muito pequeno.
- b) estar muito longe do Sol.
- c) por não ter a forma esférica.
- d) por não conseguir “limpar” as vizinhanças de sua órbita.

15. As fases da Lua são

- a) nova e cheia.
- b) nova, crescente, cheia e minguante.
- c) crescente e minguante.
- d) os diferentes aspectos que o astro se apresenta para um observador terrestre ao ser iluminado pelos raios solares.

16. As fases da Lua devem-se

- a) à projeção da sombra da Terra na superfície lunar.
- b) ao fato de o astro possuir uma face clara e outra escura.
- c) às diferentes posições ocupadas pela Lua em relação ao Sol e à Terra, à medida que orbita ao redor da Terra.
- d) ao fato de o astro ser um corpo luminoso.

17. A origem da ocorrência das sucessões dos dias deve-se

- a) à inclinação do eixo de rotação terrestre.
- b) ao movimento de rotação da Lua.
- c) ao movimento de rotação terrestre.
- d) ao movimento de rotação e translação terrestre.

18. As estações do ano devem-se

- a) ao fato de o Sol estar mais forte ou mais fraco.
- b) à variação de distâncias entre o Sol e a Terra no decorrer do movimento de translação terrestre.
- c) à inclinação dos raios solares, à área iluminada e à duração de iluminação.
- d) exclusivamente à inclinação do eixo de rotação terrestre.

19. Um eclipse ocorre quando

- a) um corpo entra na sombra de outro.
- b) o Sol entra na sombra da Lua.
- c) o Sol está entre a Lua e a Terra.
- d) o Sol é atingido pela sombra da Terra.

20. O que é uma estrela cadente?

.....
.....

Quadro 1: Questionário aplicado com estudantes do nono ano do ensino fundamental e com estudantes da terceira série do ensino médio.

O questionário foi distribuído para as quatro escolas participantes da pesquisa, que, de acordo com sua organização, os aplicavam, simultaneamente, com os estudantes do nono ano do ensino fundamental e da terceira série do ensino médio, selecionados de maneira aleatória. Foi informado aos estudantes que eles contribuiriam mais com a pesquisa se respondessem às questões individualmente. Como não ocorreram entrevistas com os sujeitos pesquisados, suas concepções sobre os conceitos abordados ficaram registrados apenas nos questionários de papel.

3. Dados obtidos e análise dos resultados

Para interpretação das respostas dadas às questões 1, 5, 6 e 20, utilizou-se a metodologia de análise de conteúdo (BARDIN, 2000), agrupando-se as respostas em categorias por semelhanças e características dos elementos constituintes. Como as categorias para a análise foram construídas com base na leitura das frases escritas pelos estudantes, muitas vezes, fez-se necessário rever os questionários, a fim de identificar os aspectos relevantes e efetuar novas escolhas. Essa retomada torna-se necessária para que a articulação das respostas, que representam partes de uma estrutura, possibilite inferências sobre as formas de pensar dos estudantes.

No que se refere ao modo como definem a astronomia (questão 1), foi possível classificar as respostas em duas categorias: os que a consideram uma ciência que estuda os astros e os que a confundem com a astrologia. Contatou-se que 88% dos estudantes da terceira série do ensino médio e 83% dos estudantes do nono ano do ensino fundamental reconhecem a astronomia como uma ciência destinada ao estudo dos astros. Porém, nenhum estudante conseguiu expressá-la como uma ciência natural que estuda corpos celestes e os fenômenos que se originam fora da atmosfera terrestre, preocupando-se com a evolução, a Física, a Química e o movimento de objetos celestes, bem como com a formação e o desenvolvimento do universo. Evidenciou-se, também, que 12% dos estudantes do ensino médio e 17% do ensino fundamental confundem essa ciência com a astrologia. Embora essas duas áreas possuam o mesmo objeto de discussão, não devem ser interpretadas como equivalentes. A astrologia não é considerada uma ciência e diferencia-se da astronomia por dar ênfase apenas a certo grupo de astros, buscando estabelecer uma relação entre suas posições e deslocamentos no céu e o destino e a conduta moral dos seres humanos.

Na questão 5, buscou-se investigar as concepções dos estudantes sobre as estrelas. Apesar de 10% dos do ensino fundamental e 8% dos do ensino médio não terem respondido à pergunta, várias outras concepções surgiram durante a categorização e a análise dos questionários. Respectivamente, 26% e 23% dos estudantes do ensino fundamental e médio acreditam que as estrelas são planetas. Apesar de tal concepção não ser condizente com o conhecimento da astronomia, é válido ressaltar que, ao observarmos a olho nu, alguns planetas do Sistema Solar (Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno), à nossa percepção, assemelham-se às demais estrelas do firmamento. A compreensão de que estrelas são pontos que brilham também se faz presente. Essa noção, que correspondeu à resposta de 15% dos estudantes do ensino fundamental e de 10% dos de ensino médio, é naturalmente gerada pelo sentido da visão, que nos faz

imaginar pequenos pontos “próximos” a Terra, no lugar de esferas imensas e a anos-luz de distância de nosso planeta, quando nos referimos àquelas estrelas, além do Sol. Observou-se, igualmente, a concepção de estrela como um corpo luminoso extenso, resposta dada por 39% dos estudantes do ensino fundamental e 45% dos do ensino médio. Tal percepção aproxima-se muito do conceito de que estrela é uma grande e luminosa esfera de plasma, mantida íntegra pela gravidade e, que ao fim de sua vida, pode conter, também, uma proporção de matéria degenerada. Outros termos relacionados à astronomia aparecem na tentativa de explicar o que seria uma estrela: buraco negro, galáxia, meteoro, asteroide e astro. Isso demonstra que alguns estudantes conhecem o vocabulário pertinente à área, ainda que seu significado esteja confuso.

As respostas dadas à questão 6 foram categorizadas em apenas dois grupos. Além disso, os índices percentuais para cada grupo se assemelham nas respostas dadas pelos estudantes do nono ano do ensino fundamental e da terceira série do ensino médio. O conhecimento relativo ao formato das estrelas mais coerente aos modelos científicos é aquele no qual estas são esféricas. Porém, apenas 19% dos estudantes do ensino médio e 17% dos do ensino fundamental salientaram essa característica em suas representações. A maioria dos sujeitos (81% do fundamental e 80 % do médio) acredita que as estrelas possuem pontas, corroborando a observação de Langhi (2004), quando afirma que os erros conceituais em livros didáticos (que persistiram por alguns anos) favoreceram o surgimento dessa concepção entre os estudantes. Nas palavras do autor, “as aparentes pontas de estrelas são simplesmente um resultado das cintilações que a luz delas sofre ao atravessar a atmosfera terrestre” (LANGHI, 2004).

Estrela cadente, conceito abordado na questão 20, corresponde a corpos rochosos provenientes do espaço que atingem a Terra. Ao entrarem na atmosfera da Terra com velocidade de dezenas de quilômetros por segundo, o atrito com o ar as aquece muito rapidamente e elas, em geral, são incineradas. É, portanto, esse processo que gera o rastro de luz que vemos no céu quando o meteoro mergulha na atmosfera. Esse fenômeno é capaz de apresentar várias cores, a depender da velocidade e da composição do meteoro, podendo ser designado como persistente, se o rastro tiver duração apreciável no tempo, e, ainda, apresentar registro de sons. No entanto, apenas 20% dos estudantes do ensino fundamental e 24 % do ensino médio interpretam-no como meteoro e como a popularmente conhecida estrela cadente. Assim, 70% dos estudantes dos dois níveis o relacionam a estrelas, partes das estrelas ou estrelas mortas que estão se aproximando da Terra.

As demais questões foram analisadas por meio de estatística básica (IEZZI, 1997; BARRETO, 1998; SMOLE; KIYUKAWA, 1998), obtendo-se a seguinte distribuição para as respostas dos estudantes do nono ano do ensino fundamental e do ensino médio:

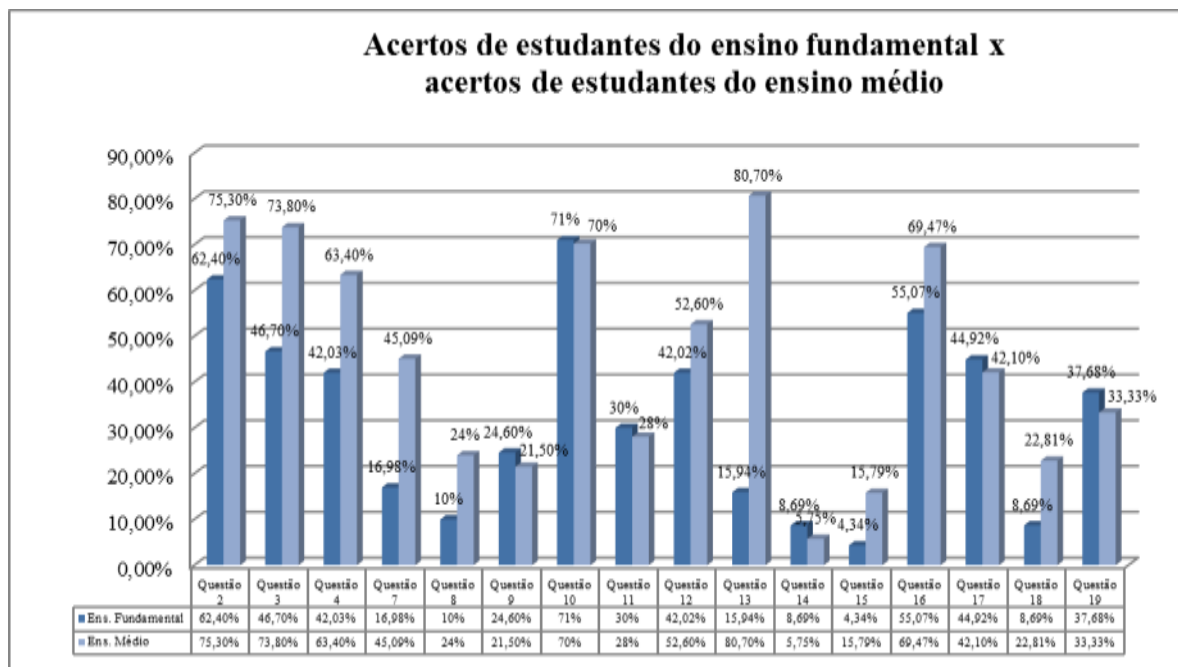


Figura 1: Gráfico da porcentagem por questão respondida por estudantes do nono ano do ensino fundamental e por estudantes do ensino médio.

Observa-se, no gráfico da figura 1, que 62,4 % dos estudantes do nono ano do ensino fundamental consideram a teoria científica do *Big Bang* a mais aceita para a explicação do surgimento do Universo; 46,7% sabem explicar o que é um corpo luminoso, sendo capazes de relacioná-lo às estrelas; e 42,03% reconhecem que o corpo iluminado não possui luz própria e reflete a luz proveniente de astros luminosos, tendo como exemplos a Terra e os demais planetas do Sistema Solar. Nota-se, também, que 16,98% sabem onde nasce uma estrela; 10% relacionam a fase final de uma estrela à massa que esta possui; 43,8% compreendem constelação como um agrupamento de estrelas próximas e, apenas 25,6% definem uma constelação como um agrupamento aparente de estrelas. Acredita-se que tais escores devem-se ao fato que a visão do céu, a olho nu, permite ao observador um entendimento de que uma constelação consiste em um agrupamento de estrelas próximas.

Evidencia-se, ainda, no gráfico, o alto índice de estudantes (70%) que identificam o Sol como uma estrela. No entanto, são igualmente visíveis os baixos índices nas questões seguintes. Apenas 30% conseguem afirmar que a Lua é o corpo celeste mais próximo da Terra; 42,02% atribuem as fases lunares às diferentes posições ocupadas pelo astro em relação ao Sol e a Terra, à medida que orbita ao redor desta; 42,02% compreendem o Sistema Solar como um conjunto de astros formado pelo Sol, pelos oito planetas, com suas luas e anéis, além dos planetas anões, asteroides e cometas; mas apenas 15,94% conseguem relacionar corretamente as sequências de astros em ordem de maior proximidade da Terra. 8,69% acreditam que Plutão deixou de ser considerado um planeta por não conseguir “limpar” as vizinhanças de sua órbita e atribuem a formação das estações do ano à inclinação dos raios solares, à área iluminada e à duração da iluminação. Porém, o índice mais baixo das respostas corresponde ao entendimento do que são as fases da Lua. Somente 4,34% dos estudantes atribuem o fenômeno às diferentes posições que ela ocupa em relação ao Sol e a Terra, à medida

que orbita ao redor desta. Trata-se de um fato curioso, pois 55,07% desse mesmo grupo explicam a ocorrência das fases lunares como sendo os diferentes aspectos sob os quais o astro se apresenta para um observador terrestre, ao ser iluminado pelos raios solares. Ainda, 44,92% sabem explicar a sucessão dos dias, e 37,68% relacionam o fenômeno dos eclipses à projeção da sombra de um astro em outro.

Com base na mesma estatística básica, Iezzi (1997); Barreto (1998) e Smole e Kiyukawa (1998) analisaram-se as respostas dadas pelos estudantes da terceira série do ensino médio.

Verifica-se que, em algumas questões, os índices de respostas corretas dadas pelos estudantes do ensino médio superam, significativamente, os resultados apresentados pelos concluintes do ensino fundamental. Por meio do gráfico da figura 1, nota-se que 75,3% dos estudantes da terceira série do ensino médio relacionam o *Big Bang* com a origem do universo; 73,8% sabem o que é um corpo luminoso; 63,4 % definem corretamente um corpo iluminado; 45,09% sabem que uma estrela nasce no interior de uma nebulosa; 52,6 % afirmam que o Sistema Solar é composto pelo Sol, pelos oito planetas, com suas luas e anéis, além dos planetas anões, asteroides e cometas; 80,7% conseguem relacionar corretamente as sequências de astros em ordem de maior proximidade da Terra; e 69,47% entendem as fases da Lua como sendo as diferentes posições que esta ocupa em relação ao Sol e a Terra, à medida que orbita ao redor desse planeta.

O gráfico da figura 1 mostra, também, que, em determinados conceitos, o índice de acerto das respostas dadas por estudantes da terceira série do ensino médio é equivalente, ou, mesmo, inferior às respostas apresentadas por estudantes do nono ano do ensino fundamental. Apenas 24% dos estudantes de nível médio atribuem a forma da morte de uma estrela à sua massa; 70,2% reconhecem o Sol como uma estrela; 28 % definem a Lua como o corpo celeste mais próximo da Terra; 5,75% afirmam que Plutão deixou de ser planeta por não conseguir “limpar” as vizinhanças de sua órbita; 15,79% compreendem as fases lunares como sendo os diferentes aspectos sob os quais o astro se apresenta para um observador terrestre, ao ser iluminado pelos raios solares; 42,10% sabem explicar a sucessão dos dias; 22,81% reconhecem a inclinação dos raios solares, a área iluminada e a duração de iluminação como fatores que originam as estações do ano; 33,33% conseguem interpretar corretamente o fenômeno dos eclipses e, como ocorreu os resultados apresentados por estudantes do ensino fundamental, 37,3 % compreendem constelação como um agrupamento de estrelas próximas e, apenas 21,5% conceituam constelação com um agrupamento aparente de estrelas.

Esses dados demonstram que várias concepções alternativas para explicações de fenômenos astronômicos persistem ao longo da educação básica. Quanto aos conceitos e temas relacionados às estrelas, as respostas dadas pelos estudantes dos dois níveis evidenciam, ainda, sua dificuldade de compreender corretamente a evolução estelar. Embora a maioria dos entrevistados classifique o Sol como uma estrela, 65% dos estudantes de ensino fundamental respondem que as estrelas são perpétuas e, assim, não apresentam ciclo evolutivo. Acredita-se que isso se deva à complexidade dos conhecimentos envolvidos, tais como pressão térmica, pressão gravitacional, campo de força, elementos químicos, entre outros, abordados com maior ênfase no ensino médio. No entanto, os estudantes desse nível também apresentam dificuldades em explicar o

fim da evolução de uma estrela, haja vista que 31,6% afirmam que elas não morrem e 27,4% associam a sua morte com a temperatura que possuem.

Constatou-se, ainda, através da análise das respostas às questões 9 e 13 que os pesquisados de ambos os níveis não conseguem mensurar as distâncias existentes entre as estrelas; 55,7% dos estudantes do nono ano e 59,8% dos estudantes da terceira série identificam constelações como um agrupamento de estrelas próximas. Tal dado demonstra que a progressão nas séries da educação básica não proporcionou aos estudantes uma evolução conceitualmente correta na compreensão dos fenômenos e termos relacionados ao tema.

Os fenômenos relacionados à Lua, o corpo celeste mais próximo da Terra e o mais brilhante depois do Sol, também não são completamente compreendidos pelos estudantes. As respostas dadas evidenciam a existência de enorme dificuldade por parte deles em classificar esse astro, na medida em que 52,05% dos estudantes de ensino fundamental e 48,4% dos de nível médio o qualificam como único satélite natural do Sistema Solar. Esses dados reforçam os resultados apresentados na questão 12, nos quais se salienta o desconhecimento de 37,98% dos estudantes do nono ano e de 47,4% dos estudantes de ensino médio sobre os corpos que compõem o nosso sistema.

A formação das fases lunares, um dos fenômenos astronômicos mais comuns à maioria das pessoas, foi explicada por Aristóteles mais de 300 anos antes da era cristã, sendo, portanto, um dos conhecimentos mais antigos e básicos da Ciência (SARAIVA; SILVEIRA; STEFFANI, 2011). Apesar disso, houve interpretação equivocada por parte dos dois níveis de educação pesquisados. O principal equívoco identificado refere-se à explicação do fenômeno como se correspondesse a eclipses lunares semanais. Pela marcação de 18,4 % dos estudantes do ensino fundamental e 13,47 % dos estudantes do ensino médio na alternativa “a” percebe-se que as fases lunares são compreendidas como se fossem formadas a partir da projeção da sombra da Terra na superfície lunar. Ainda, 79% e 68% dos estudantes do ensino fundamental e médio, respectivamente, identificam como fases lunares apenas as quatro principais, não as relacionando, assim, com os diferentes aspectos que a Lua apresenta para um observador terrestre, ao ser iluminada pelos raios solares.

A formação das estações do ano foi outro fenômeno astronômico com baixos índices de acertos nas respostas dadas por estudantes de nível fundamental e médio. Respectivamente, 70,31% e 53% acreditam que as estações do ano dizem respeito à variação de distâncias entre o Sol e a Terra no decorrer do movimento de translação terrestre. Esses dados vão ao encontro de resultados obtidos em trabalhos anteriores, dos quais se destaca a pesquisa realizada por De Manuel (1995) junto a um grupo de 954 estudantes. Nesse estudo, o pesquisador percebeu que resposta mais comum para a explicação das estações do ano era por meio das variações das distâncias entre a Terra e o Sol.

4. Conclusões

Atualmente, a astronomia e áreas afins estão na vanguarda da Ciência e da tecnologia; respondem a questões elementares sobre a nossa existência; inspiram artistas, escritores e sonhadores; geram riqueza e impulsionam a inovação e a economia.

Diversos relatórios apontam que as suas maiores contribuições para a sociedade não são as aplicações tecnológicas, ou os seus pequenos avanços científicos, mas a oportunidade de alargarmos os nossos limitados horizontes, a fim de descobrirmos a beleza e a grandeza do universo, bem como o nosso lugar nesse contexto.

Acompanhando a nossa história e cultura, a astronomia tem, constantemente, revolucionado o nosso pensamento, ao apresentar a humanidade com pistas em direção ao futuro. Os resultados do seu desenvolvimento científico e tecnológico, bem como de áreas afins, estão se transformando, recorrentemente, em aplicações essenciais para o nosso dia a dia. É o caso, por exemplo, dos computadores pessoais, dos satélites de comunicação, telemóveis, do Sistema de Posicionamento Global (GPS), dos painéis solares, *scanners* de ressonância magnética, do microlaser e de muitas outras ferramentas empregadas na medicina.

Porém, os resultados desta pesquisa apontam que os estudantes da educação básica não compreendem corretamente os fenômenos elementares da área, ficando, muitas vezes, alheios a todas as evoluções proporcionadas. Além disso, usam um grande número de concepções alternativas para a explicação do que ocorre com os astros.

A pesquisa demonstrou, também, que 17 das 20 questões propostas apresentaram índices semelhantes nas respostas dadas por estudantes de ensino fundamental e médio. Em 5 questões, aliás, o índice de respostas corretas dadas por estudantes do ensino médio foi menor que o índice de respostas corretas dadas por estudantes de nível fundamental. Assim, observa-se que muitas concepções equivocadas permanecem ao longo da educação básica, evidenciando que esses temas são pouco abordados no seu decorrer.

De modo geral, os resultados apresentados demonstram que o ensino de astronomia na educação básica enfrenta deficiências. Embora não seja fácil definir em que consiste ensinar – e menos ainda ensinar bem – parece não haver dúvidas de que ensinar com sucesso é uma atividade complexa que requer do professor a seleção de conteúdos, de estratégias e de ações mais adequadas às necessidades do mundo no qual o estudante está inserido. Nesse sentido, é imprescindível uma significativa mudança na forma como os conceitos astronômicos são abordados e estudados no decorrer do ensino fundamental e médio.

Uma vez que os assuntos relacionados à astronomia são altamente motivadores (DARROZ, 2010), extremamente importantes no desenvolvimento da Ciência, devido a sua influência sobre a cultura, o avanço tecnológico, a economia e o cotidiano do ser humano, além de ser potencialmente capaz de estabelecer conexões com diversos conceitos abordados na educação básica, é necessária uma ação nacional em prol do seu ensino ao longo desse período. A discussão dos temas astronômicos deve ser conduzida com maior ênfase durante o estudo dos diferentes conteúdos dos níveis fundamental e médio. Nesse sentido e como sugerem Langhi e Nardi (2009), essa ação nacional deve estar apoiada em um pilar triplo de atores coletivos: comunidade científica, comunidade astronômica semiprofissional e comunidade escolar. Por fim, esse pilar seria a base para futuras discussões relacionadas à atuação dessas instâncias como meio de promover mudanças ativistas na estrutura curricular, proporcionando, mais efetivamente, a educação em astronomia no ensino básico.

Não se espera que uma mudança desse porte ocorra de um dia para o outro. Evidentemente, deve-se incluir um prazo razoável para que os professores construam

autonomia, habilidades e competências, no sentido de que seus saberes docentes sejam suficientes para um trabalho efetivo de assuntos relacionados à astronomia. Assim, é necessário estabelecer um amplo diálogo, envolvendo a comunidade, os gestores públicos, profissionais das áreas específicas, professores universitários, de nível médio e de nível fundamental, a fim analisar os elementos comuns à educação: o ensino, a aprendizagem, o currículo e o contexto social. Com base nesse esforço coletivo, será possível apontar soluções viáveis e que venham gerar as desejadas mudanças, minimizando as dificuldades conceituais constatadas e maximizando o processo de aprendizagem.

Referências

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Ed. Lisboa, 2000.

BARRETO, B. F.; SILVA, C. X. **Matemática**: aula por aula. São Paulo: FTD, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **PCN+**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC/SEMT, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Ciências Naturais – terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnologia, Brasília: MEC/SEMT, 1998.

DARROZ, L. M. **Uma proposta para trabalhar conceitos de astronomia com alunos concluintes de formação de professores na modalidade Normal**. 2010. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre, 2010.

DARROZ, L. M.; HEINECK, R.; PÉREZ, C. A. S. Conceitos básicos de Astronomia: uma proposta metodológica. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA**, Limeira, n.12, p.57-69, 2011.

DE MANUEL, J. B. Por qué hay veranos e inviernos? Representaciones de estudiantes (12-18) y de futuros maestros sobre algunos aspectos del modelo Sol-Terra. **Enseñanza de Las Ciências**. v.13, n.2, p.227-236, 1995.

IACHEL, G.; LANGHI, R.; SCALVI, R. M. F. Concepções alternativas de alunos do ensino médio sobre o fenômeno de formação das fases da Lua. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA**, v.1, n.5, p.25-37, 2008.

IEZZI, G. *et al.* **Matemática**: volume único. São Paulo: Atual, 1997.

LANGHI, R. **Um estudo exploratório para a inserção da Astronomia na formação de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental**. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2004.

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, p.4402, 2009.

MATSUURA, O. T. **Atlas do Universo**. São Paulo: Scipione, 1996.

NARDI, R. **Um estudo psicogenético das ideias que evoluem para a noção de campo**. 1989. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

NARDI, R.; CARVALHO, A. M. P. Um estudo sobre a evolução das noções de estudantes sobre o espaço, forma e força gravitacional do planeta Terra. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.1, n.2, p.20-39, 1996.

OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS., 2000.

PACCA, J. L. A.; SCARINI, A. L. Um curso de astronomia e as pré-concepções dos alunos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.28, n.1, p.89-99, 2006.

RODRÍGUEZ, B. L. **Representaciones mentales de docentes sobre el universo, los modelos cosmológicos que lo explican y aplicación de una estrategia metodológica para promover su evolución**. 2007. Tese (Doutorado em Enseñaza de las Ciencias) – Programa Internacional de Doctorado, Universidade de Burgos, Espanha, 2007.

SARAIVA, M.F.O; SILVEIRA, F.L.; STEFFANI, M.H. Concepções de estudantes universitários sobre as fases da Lua. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA**, n.11, p.63-80, 2011.

SMOLE, K. C.; KIYUKAWA, R. **Matemática**. São Paulo: Saraiva, v. 3, 1998.

TEODORO, S. R.; NARDI, R. A história da ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional. In: NARDI, R. (Org.). **Educação em Ciências: da pesquisa à prática docente**. São Paulo: Escrituras, p.57-68, 2001.

TRUMPER, R. A. cross-age study of Junior high school students' conceptions of basic astronomy concepts. **International journal of Science Education**, v.23, n.11, p.1111-1123, 2001.