

As Provas dos Movimentos da Terra no Ensino de Astronomia

The Evidence of the Earth Movements in the Teaching of Astronomy

Michel Paschini Neto

Universidade Metodista de Piracicaba
michelpaschini@gmail.com

Maria Guiomar Carneiro Tommasiello

Universidade Metodista de Piracicaba
mgtomaze@unimep.br

Resumo

Os movimentos da Terra são conhecimentos que contrariam o senso comum, pois as evidências empíricas nos indicam uma Terra imóvel, com todos os astros girando ao seu redor. Os alunos têm dificuldades em aceitar esses conceitos, mas os memorizam sem os questionamentos necessários, dentre outros motivos, devido à autoridade do professor. A pesquisa, qualitativa, fez uso de um questionário sobre temas de Astronomia, aplicado a alunos, a professores e ao grande público. O objetivo deste trabalho é analisar uma das questões, que trata das provas conhecidas pelo grupo sobre os movimentos terrestres. As respostas expõem ideias e argumentos pouco esclarecedores, que, na verdade, são indícios e não provas científicas da mobilidade terrestre. Uma possibilidade para a apropriação do sentido dos movimentos da Terra pelos alunos é trabalhar a dimensão histórica desses conhecimentos.

Palavras chave: ensino de astronomia, mobilidade da Terra, história da ciência.

Abstract

The motions of the Earth are a body of knowledge that runs counter to common sense, for the empirical evidence shows us a fixed Earth, around which all the stars revolve. Students have difficulty in accepting these concepts, and instead memorize them without forming the necessary questions, in part due to the authority of the teacher. Qualitative data has been gathered through a questionnaire on topics in Astronomy applied to students, teachers, and the general public. The objective of this work is the analysis of one of the questions, which addresses the knowledge held by the group of the proofs of celestial dynamics. The answers reveal ideas and arguments of limited insight, which are signs and not scientific proofs of the revolution of the Earth. One possibility for building a sense of the motions of the Earth by students is to examine the historical dimension of this subject.

Keywords: teaching of astronomy, motion of the Earth, history of science

Introdução

Com raras exceções, por quase toda a história, o ser humano acreditou na imobilidade da Terra. Esta crença vinha, principalmente, do fato de não se ver fenômenos naturais que indicassem qualquer movimento terrestre. Sabemos hoje, contudo, que as provas que mostram a mobilidade da Terra existem, mas só começaram a ser percebidas nas décadas finais do século XVII com a ajuda de instrumentos.

Uma questão importante a se ressaltar é que, ainda hoje, a olho nu, não há qualquer fenômeno natural que mostre que a Terra se movimenta no espaço - em translação e rotação - tendo nosso planeta como referencial. Contudo, caso se mude o referencial para fora da Terra, sobre o polo norte, por exemplo, aí sim veríamos o movimento de rotação como o movimento giratório que o planeta realiza em volta de um eixo imaginário, no sentido anti-horário e que pode ser determinado dinamicamente, utilizando os conceitos da mecânica clássica. Da mesma forma, em um referencial fora da Terra, veríamos o movimento de translação acontecendo no mesmo sentido do movimento de rotação, ou, seja, de oeste para leste.

Entretanto, ao contrário de nossos antepassados, nós aceitamos os movimentos terrestres, mesmo sem provas. Não porque nossos sentidos nos mostrem essa mobilidade, mas, porque, aprendemos na escola que a Terra gira em torno dela mesma e em torno do Sol.

Nossa preocupação sobre essa questão é que em nenhum momento de nossa vida estudantil ou social nos contaram as histórias dessas descobertas. Em nenhum momento nos mostraram os experimentos científicos que indicaram, ao longo do tempo, que nosso planeta se descola no espaço.

Se, visualmente, não há como percebemos que a Terra se movimenta no espaço e, em nenhum momento de nossas vidas nos mostraram as provas desses movimentos, somos obrigados a aceitá-los sem questionamentos, o que pode tornar esse tema uma crença científica.

Neste trabalho, apresentaremos os resultados da análise da primeira pergunta de um questionário que foi aplicado para um grupo de pessoas com o intuito de sabermos o que elas conheciam sobre certas questões da Astronomia. No caso específico dessa pergunta, nosso interesse era saber se as pessoas conheciam algum indício, na natureza, que indicasse algum movimento da Terra.

Como já mencionado, se acreditou, por muito tempo, que a Terra estava estática. Nossos ancestrais não observavam qualquer fenômeno que pudesse mostrar, de fato, que nosso planeta tivesse movimento de rotação ou de translação. Mesmo assim, na Grécia antiga, comeram a surgir certas ideias de que a Terra pudesse ter movimentos.

Dois exemplos de filósofos que acreditavam nesses movimentos foram: Heráclides de Ponto que ensinava “[...] que é a Terra que gira em torno de seu eixo de oeste para leste em vinte e quatro horas” (DREYER, 1953, p.123 – *tradução nossa*) e Aristarco de Samos que, “[...] não só assumiu que a Terra estava girando em torno de seu eixo de rotação em aproximadamente 24h [...] como descrevia um movimento de translação em torno do Sol, em um ano” (LOPES, 2001, p.108).

Apesar de tudo, a ideia da não mobilidade da Terra prevaleceu na história devido à força das argumentações de Aristóteles de Estagira (384 a.C. – 322 a.C.). Um dos principais argumentos aristotélicos para nosso planeta não se mover estava relacionado com suas ideias da física do movimento. Para Aristóteles, se a Terra tivesse um movimento de rotação, isso

seria percebido facilmente. Koyré (1982) mostra que, para Aristóteles:

[...] se a Terra se movesse, seu movimento afetaria os fenômenos que se manifestam em sua superfície de duas maneiras perfeitamente determinadas: a) a formidável velocidade desse movimento (de rotação) desenvolveria uma força centrífuga de tal magnitude que todos os corpos não presos a Terra seriam projetados para longe; b) esse mesmo movimento obrigaria os corpos não presos a Terra, ou temporariamente dela desligados, como as nuvens, os pássaros, os corpos atirados ao ar, etc., a ficar para trás. (1982, p.187)

Um forte argumento usado na antiguidade para mostrar a não existência do movimento de translação foi a “ausência de paralaxe estelar” (PESSOA JR., 2013), que nada mais é do que a mudança de perspectiva na posição de uma estrela em relação às estrelas de fundo.

As provas dos movimentos de translação da Terra começaram a surgir a partir do século XVII. Em 1675, o astrônomo dinamarquês Ole Römer (1644-1710), tentando determinar um valor para a velocidade da luz estudando os eclipses e as ocultações da lua Io de Júpiter pelo próprio planeta, percebeu que existia um atraso entre uma ocultação e outra. Para explicar esse fato, Römer admitiu que os resultados obtidos somente seriam explicados caso se admitisse que “[...] a distância entre ambos planetas (Terra e Júpiter) não é constante...” (VIDAL, MONFERRER e MOLINA, 2010, p1 – *tradução nossa*), ou seja, nosso planeta deveria possuir um movimento em torno do Sol que fazia a luz oriunda de Io “[...] levar 22 minutos para atravessar o diâmetro da órbita da Terra em torno do Sol” (SANTOS, 2011, p.18). Outra prova do movimento de translação da Terra veio dos estudos de James Bradley (1693-1762) que, tentando determinar a paralaxe estelar, “[...] verificou pequenas mudanças que, na realidade, faziam com que certa estrela deixasse assinalada uma elipse minúscula no céu, durante o ano” (ASIMOV, 1974, p.50). Esse fenômeno é chamado de ‘aberração da luz’. A prova final do movimento de translação da Terra veio com Friedrich W. Bessel (1784-1846) que conseguiu determinar, pela primeira vez, a paralaxe da estrela 61 do Cisne em 1838. Quanto à prova do movimento de rotação da Terra, esta só veio em 1851 com os trabalhos do físico francês Jean Bernard Léon Foucault (1819-1868) que utilizou “o movimento de precessão do plano de oscilação de um pêndulo” (MOREIRA, 2001, p.31) pendurado no Panthéon de Paris. Sabemos que o movimento do pêndulo, tendo a Terra como referencial, se deve à força de Coriolis, que, segundo Borges e Braga (2010), atua sobre os objetos na superfície terrestre, mesmo que isso não seja perceptível. Esta força existe devido ao fato da Terra “ser um referencial em rotação” (BORGES e BRAGA, 2010, p. 1416).

Objetivos e Metodologia

Os objetivos desta pesquisa, de natureza qualitativa e exploratória, são: a) verificar se as pessoas conhecem alguma evidência na natureza que mostre que a Terra possui movimentos de rotação e de translação e b) se essas evidências podem ser consideradas como provas desses movimentos.

Para atingir nossos objetivos, nos apropriaremos da primeira pergunta de um questionário anônimo sobre Astronomia, aplicado a 101 pessoas. A pergunta que analisaremos é: “*Olhando para a natureza, você saberia dizer se existe(m) alguma(s) evidência(s) de que a Terra possui movimento de rotação e de translação? Em outras palavras, olhando para a natureza, há algum fenômeno que mostre que a Terra gira em torno dela mesma e em torno do Sol?*”. Todas as perguntas desse questionário eram abertas e as pessoas podiam escrever e/ou desenhar suas respostas.

Para melhor compreender os resultados, dividimos as pessoas em três grupos: “Grande Público”, “Professores” e “Estudantes”.

O grupo Grande Público é constituído por 59 pessoas das mais variadas profissões e escolaridades, além dos mais variados níveis culturais e sociais. Os questionários foram passados aleatoriamente para moradores de um condomínio e para funcionários de uma associação sem fins lucrativos.

O grupo Professores é formado por 11 professores do Ensino Fundamental da Rede Municipal de Educação da cidade de Marabá - PA, que fizeram um curso de extensão de 60 horas no início de 2013 em Educação Ambiental oferecido por uma universidade do estado do Pará. Todos os professores são graduados em diversas áreas com predominância para Letras e Pedagogia.

O grupo Estudantes é formado por 31 alunos que estão fazendo um curso optativo de Astronomia de Posição em uma universidade pública do Estado de São Paulo. Em sua maioria, são alunos a partir do segundo ano do curso regular de Física, mas há, também, alunos de Matemática, Geofísica e Astronomia.

Para melhor visualizar e interpretar os dados obtidos, decidimos criar alguns parâmetros de análise para as respostas de acordo com o que a maioria escreveu. Dividimos, então, as respostas em: Evidência para a Rotação, Evidência para a Translação, Respostas não Específicas e Respostas Inadequadas.

Análise dos dados

Das 101 pessoas que participaram dessa pesquisa, 25 delas (24,7%) deram respostas que classificamos inadequadas frente aos objetivos, como: “sim”, “não”, “não sei”, “através do Sol e da chuva”, etc. Aquelas que responderam somente “sim”, decidimos excluir dos dados finais, pois não mostraram que tipo de evidência existe para os movimentos terrestres e, por conta disso, não há como sabermos se a pessoa realmente sabia ou ficou constrangida de dizer algo “errado”. Respostas como “através do Sol e da chuva”, também foram desconsideradas, não por não serem relevantes, mas por não possuírem um significado claro para o que gostaríamos de saber.

Excluindo-se as 25 pessoas que estão na posição descrita acima, veremos que as 76 restantes mostraram algum tipo de evidência para os movimentos da Terra, nos indicando que, além de acreditarem que a Terra se move, ainda deram evidências desses movimentos. A tabela 1 contém o número de pessoas que disseram existir alguma evidência para os movimentos de rotação e de translação terrestre.

Parâmetros de análise	Grande Público	Grande Público em porcentagem %	Professores	Professores em porcentagem %	Estudantes	Estudantes em porcentagem %
Respostas para Rotação	13	22	5	45,5	16	51,6
Respostas para translação	8	13,6	3	27,3	16	51,6
Respostas não específicas	21	35,6	5	45,5	12	38,7

Tabela 1: Tabela com o número de pessoas que disseram existir algum indício para os movimentos da Terra.

É importante deixar claro que foram computados nas respostas os casos de pessoas que

responderam existir somente evidência para o movimento de rotação, somente para o movimento translação e, ainda, para as pessoas que responderam existir evidências para ambos os casos.

Dos dados apresentados na tabela 1, é importante saber quais são os principais indícios cotados pelos grupos para os movimentos de rotação e de translação da Terra. Começamos pelos indícios do movimento de rotação. A figura 1 nos mostra informações da tabela 1. Nela estão computados os dados das pessoas que apresentaram somente a evidência para o movimento de rotação da Terra.

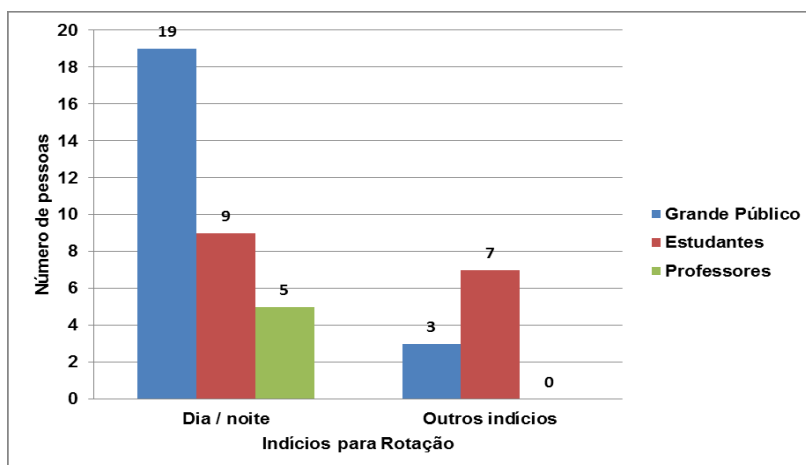


Figura 1: Gráfico da principal resposta sobre os indícios do movimento de rotação

Na figura 1 observa-se que a principal evidência citada pelos participantes da pesquisa para o movimento de rotação é o fenômeno do *dia e da noite*. O grande público é o que mais mostrou essa evidência, seguido pelos estudantes e pelos professores. A categoria ‘Outros’ se refere a outras evidências que os participantes disseram para o movimento de rotação, como “movimento dos astros” e “variação da posição das sombras” para o Grande Público e “giro da Esfera Celeste” e “movimento aparente do Sol durante o dia” para os Estudantes.

A figura 2, a seguir, mostra as respostas dos participantes que responderam existir evidência somente para o movimento de translação.

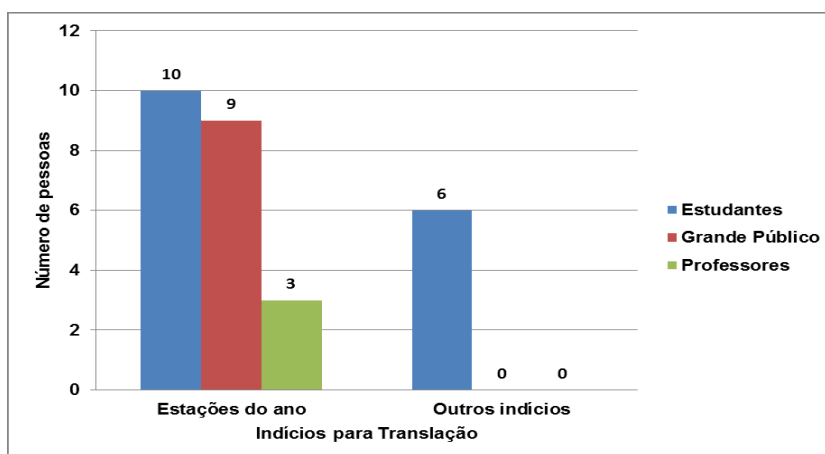


Figura 2: Gráfico da principal resposta sobre os indícios do movimento de translação

Observando a figura 2, fica evidente que as *estações do ano* são o principal indício citado para a ocorrência do movimento de translação da Terra. Os Estudantes e o Grande Público citaram praticamente o mesmo número de vezes. Notamos ainda, que os estudantes

apresentaram outras evidências para o movimento de translação terrestre, como a “variação da posição do Sol ao longo do ano”, por exemplo.

A figura 3, abaixo, representa as respostas dos indícios para os movimentos da Terra citadas pelos três grupos. No entanto, essas respostas não foram específicas para qual dos movimentos. Apesar de entendermos de que as respostas seriam para o movimento de rotação e de translação, resolvemos deixá-las em aberto computando que eram simplesmente indícios.

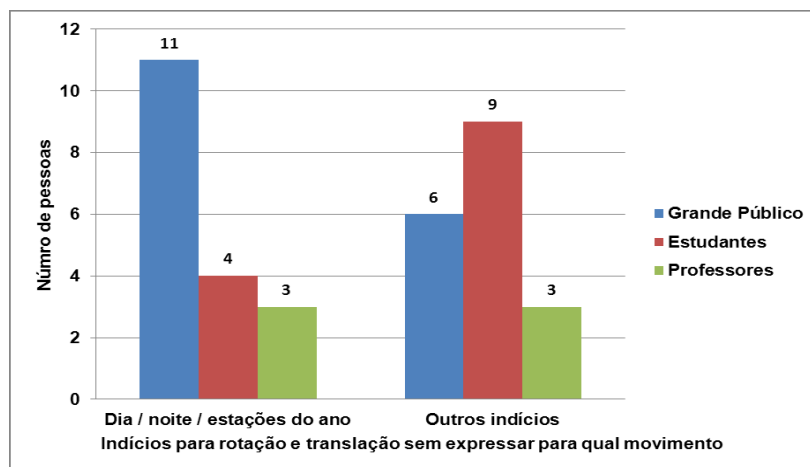


Figura 3: Gráfico das respostas não específicas para os indícios dos movimentos de rotação e de translação

Percebemos na figura (3) que, apesar das pessoas não apresentarem para qual movimento a evidência se referia, elas mantiveram, em sua maioria, as mesmas respostas das figuras anteriores, ou seja, muitos colocaram o dia e a noite e as estações do ano como evidências para os movimentos da Terra. É interessante notar que o grupo dos Estudantes apresentou outras evidências para os movimentos terrestres, como a “paralaxe”, o “movimento das constelações” e o “movimento do Sol ao longo do dia”.

Do que foi exposto, é possível atendermos aos objetivos do trabalho, a) “as pessoas conhecem alguma evidência na natureza que mostre que a Terra possui movimentos de rotação e de translação?” e b) “essas evidências podem ser consideradas como provas desses movimentos?”.

No primeiro caso, 75,3% das pessoas afirmaram existir evidências dos movimentos de rotação e de translação da Terra, sendo as principais os fenômenos do dia e da noite e das estações do ano. Para o segundo caso, os três grupos analisados mostraram evidências que não podem ser consideradas como provas dos movimentos terrestres. Com exceção de um aluno do grupo de Estudantes que citou a paralaxe, mas que, ao mesmo tempo, apresentou as estações do ano e o movimento próprio das estrelas, que não são evidências, nenhum outro participante apontou alguma das provas dos movimentos terrestres que foram mostradas no início deste texto.

Considerações finais

Os resultados mostram que os três grupos acreditam que a Terra se move no espaço e apresentam evidências desses movimentos. No entanto, as estações do ano e o dia e a noite, respostas dadas com maior destaque, não podem ser consideradas provas, já que o fato do céu se movimentar de leste para oeste não serve como confirmação de que a Terra está girando de oeste para leste, pois este argumento também poderia ser utilizado caso a Terra estivesse estática e a esfera celeste girando sobre nós.

É possível que as pessoas, ao expressarem o dia e a noite e as estações do ano como

evidências dos movimentos da Terra, estejam resgatando parte dos conhecimentos adquiridos na escola. Nesta constatação reside um sério problema para o ensino da Astronomia, pois estudos mostram que professores e alunos possuem pré-concepções sobre os fenômenos astronômicos (MCKINNON E GEISSINGER, 2002 e LANGHI, 2009) que os fazem ter uma visão ingênua da Astronomia e da Ciência e, o mais grave, é o fato de que os docentes em atuação e os que estão se formando, não conhecem corretamente os conceitos básicos da Astronomia, confirmando conclusões já obtidas por Puzzo, Trevisan e Latari (2004) e por Leite e Hosoume (2009), entre outros.

Esses problemas apresentados expõem questões importantes sobre o tema desse trabalho: (i) a obrigatoriedade de se aceitar os movimentos da Terra sem a percepção cognitiva destes, (ii) o não questionamento por parte dos alunos devido à autoridade do professor, (iii) a não apresentação das verdadeiras provas dos movimentos terrestres, e (iv) quando se apresentam as provas dos movimentos da Terra, estas podem ser consideradas, no máximo, como possíveis evidências.

Outra questão que merece também cuidados sobre esse tema é que esse conhecimento dos movimentos da Terra, provavelmente oriundos da escola, entrelaça-se com a observação direta da natureza que sofre influência do senso comum que “é – e sempre foi – medieval e aristotélico” (KOYRÉ, 1982, p. 185). Vemos isso nas respostas dos participantes, pois, na tentativa de fornecerem alguma evidência para a mobilidade terrestre, expõem um saber que pode ser interpretado adotando-se a Terra imóvel, base do modelo geocêntrico que Aristóteles ajudou a formular. Assim, as mesmas evidências que podem mostrar a mobilidade da Terra são, também, as mesmas que mostram sua imobilidade.

Nas frases dos participantes, vemos isso quando dizem coisas do tipo: “mudança das constelações”, “olhando a natureza é o Sol que passa pela Terra”, “pelo nascer e pôr do Sol”, “observar o nascer do Sol e observar seu deslocamento através dos dias”, “o movimento das nuvens”, etc. Vemos ainda que as evidências apresentadas se constituem em mostrar os ‘movimentos’ de objetos celestes ou terrestres. Esses movimentos apresentados são de fácil visualização e é aqui que observamos novamente a visão aristotélica do mundo, já que ela está de acordo “com o senso comum e a experiência cotidiana” (KOYRÉ, 1982, p. 185).

Sabemos que o problema da mobilidade ou não da Terra é um tema complexo que se estendeu por muitos séculos e que envolve uma série de questões, principalmente da física do movimento. Saber se a Terra se move ou não é uma questão de nos perguntarmos se “[...] de fato ela é animada de um movimento absoluto” (BEM-DOV, 1996, p.24). Tudo isso envolve um estudo bem profundo da questão da relatividade do movimento.

Uma possível maneira de amenizar todos os problemas mencionados seria utilizar a história da ciência na sala de aula, pois, como diz Martins (2006), ela tem como complementar o estudo de ciências mostrando as relações existentes entre ciência, tecnologia e sociedade, fazendo com que as pessoas notem como é feita a elaboração do conhecimento científico com o intuito de saberem como a ciência é produzida, quais são os seus procedimentos e as suas limitações. Matthews (1995, p.2), nessa linha, elenca uma série de benefícios do uso da história e filosofia da ciência em sala de aula, como “[...] podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, desse modo, o desenvolvimento do pensamento crítico, [...] podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica...”.

O estudo da ‘Terra e seus movimentos’ nas aulas de ciências é um problema que identificamos e que, acreditamos, carece de uma atenção maior por parte dos professores e dos formadores desses professores. Está claro que existe um problema que necessita ser resolvido já que as pessoas acreditam nos movimentos terrestres, mas não têm noção das

provas desses movimentos. Na escola, essas pessoas são obrigadas a aceitar que a Terra gira sem contestação o que faz com que se tenha um conhecimento que pode beirar a uma crença científica que caminha contra a própria natureza da ciência.

Referências

- ASIMOV, A. **O universo**. Tradução de Ricardo W. de Aguiar. Rio de Janeiro. Bloch Editores, 1974.
- BEN-DOV, Y. **Convite à física**. Tradução Maria Luiza X. de A. Borges; revisão técnica Henrique Lins de Barros – Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1996.
- BORGES, E; BRAGA J. P. O efeito de Coriolis: de pêndulos a moléculas. **Química Nova**, v.33, n.6, 1416-1420, 2010
- DREYER, J. L. E. **A history of astronomy from Thales to Kepler**. 2.ed. New York: Dover Publications, 1953.
- KOYRÉ, A. **Estudos de história do pensamento científico**. Tradução e revisão técnica Márcio Ramalho – Rio de Janeiro: Ed. Forense Universitária; Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1982. p.181-196.
- LEITE, C.; HOSOUME, Y. O professor de ciências e suas formas de pensar a astronomia. **Revista Latino-americana de Educação em Astronomia**, São Carlos: n.4, p47-68, 2007.
- LOPES, M. H. O. **A retrogradação dos planetas e suas explicações**: os orbes dos planetas e seus movimentos, da antiguidade a Copérnico. 2001. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2001.
- MARTINS, R. A. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. In. Silva, C. C. **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para aplicação no ensino (Org.). São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. p.xvii-xxx.
- MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.12, n.3: p.164-214, dez.1995.
- MCKINNON, D; GEISSINGER, H. Interactive astronomy in elementary schools. **Educational Technology & Society**, v.5, n.1, 2002.
- MOREIRA, I. C. A Terra gira! **Física na Escola**, v.2, n.1, 2001.
- PESSOA JR., O. A ciência grega. Disponível em: <<http://www.cfh.ufsc.br/~wfil/cienciagrega.htm>>. Acesso em 17 mar. de 2013.
- PUZZO, D. TREVISAN, R. H.; LATARI, C. J. B. Astronomia: a investigação da ação pedagógica do professor. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. 9. **Atas...** out. 2004, Jaboticabal – MG. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/ix/>>. Acesso em: 15 fev. de 2013.
- SANTOS, W. S. **Refração, as velocidades da luz e metamateriais**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- VIDAL, I. M.; MONFERRER, S. J.; MOLINA, C. C. Emulando a Römer: medida de la velocidad de la luz cronometrando los eclipses de Io. **Revista Española de Física**. v.24, n.3, 2010. p.48-51.