

INSERÇÃO DE EXPERIMENTOS HISTÓRICOS NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES: A PARTICIPAÇÃO DE LICENCIANDOS EM FÍSICA NO PROJETO ERATÓSTENES 2015

HISTORICAL EXPERIMENTS IN TEACHER EDUCATION: THE PARTICIPATION OF PHYSICS UNDERGRADUATE STUDENTS IN ERATHOSTENES PROJECT 2015

Flávia Polati¹, Valéria Silva Dias², Thais Alexandre³, Hortência Silva⁴, Gilberto Alves⁵, Jefferson Albuquerque⁶, Juliana Caffer⁷, Raphael Gustavo⁸, Gabriel Sousa⁹, Daniella Albuquerque¹⁰

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências/USP, flaviapolati@gmail.com

² Instituto de Física/Departamento de Física Aplicada/USP, vsdias@if.usp.br

^{3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10} Graduandos da Licenciatura em Física/USP

Resumo: *Diversas estratégias vêm sendo defendidas nas últimas décadas visando aproximar os estudantes de aspectos humanísticos das ciências, como a inserção de história e filosofia da ciência e reprodução de experimentos históricos. Esse trabalho apresenta resultados de uma pesquisa colaborativa realizada por licenciandos e professores de Física que envolveu a participação do grupo no Projeto Eratóstenes 2105. Tal Projeto propõe a reprodução da metodologia utilizada por Eratóstenes para obtenção do raio da Terra utilizando a sombra de um gnônom. O convite aos licenciandos foi feito no âmbito da disciplina Gravitação, oferecida no segundo semestre do curso de Licenciatura em Física, em uma universidade pública de São Paulo. O grupo desenvolveu coletivamente todas as etapas do Projeto, desde o planejamento, a execução do experimento, a reflexão sobre as aprendizagens desenvolvidas no percurso e escrita desta pesquisa. O objetivo da pesquisa é apontar as contribuições na formação dos futuros professores da participação do Projeto Eratóstenes no desenvolvimento de atividades experimentais históricas. Os resultados obtidos pelo grupo apontaram alguns elementos que evidenciam a mobilização de vários tipos de saberes, ligados à prática reflexiva (trabalhar em grupo, avaliar opções, negociar caminhos), à prática da experimentação (fazer medidas, escolher métodos, escolher equipamentos, dimensionar erros) e escolher conteúdos e estratégias para o ensino em suas práticas (como reproduzir os experimentos históricos, a valorização da história e da filosofia da ciência).*

Palavras-chave: formação inicial de professores; história da ciência; experimentos históricos; Projeto Eratóstenes.

Abstract: *Several strategies have been advocated in recent decades aiming to bring students humanistic aspects of science, such as the inclusion of the history and philosophy of science and reproduction of historical experiments. This paper presents some results of a collaborative research conducted by initial physics teacher education which involved the participation in a group from a university of Sao Paulo in the Eratosthenes Project 2015. This project proposes the reproduction of the methodology by the Eratosthenes of Alexandria to calculate the Earth's radius using a gnônom shadow. The invitation to the students was made in the context of curricular course Gravitation offered in the second semester of the physics teacher degree in a public university in São Paulo. The group developed all stages of this research as design, planning, implementation of the experiment and some reflection about the learning along the way. The main goal of this research is to point out the contributions to teacher training the participation of the Project in the development of historical experiments. The results obtained by the group point out to some elements that*

show the mobilization of various types of knowledge, linked reflective practice (working in groups, evaluate options, negotiate ways), the experimentation practice (made measurements, calculate errors, choose methodology and equipment) and choice of content and strategies for teaching (how to reproducing historical experiments, give value to the history and philosophy of science).

Keywords: initial teacher education; history of science; historical experiments; Eratosthenes' Project.

INTRODUÇÃO

Desde a década de 1980 há um crescente movimento pela valorização de um ensino de ciências que contemple não somente conteúdos científicos, mas também conteúdos humanísticos inerentes à construção da ciência. A pesquisa desenvolvida na área de ensino de ciências reflete esse movimento. A produção mais recente da área valoriza a contextualização e a inserção de conteúdos da história e da filosofia da ciência (HFC) junto com os conteúdos científicos na abordagem das ciências em sala de aula.

Diversos são os argumentos a favor da inserção da HFC no ensino. Além de propiciar uma visão da ciência como construção humana, histórica e social, o uso da HFC no ensino pode, por exemplo, auxiliar a compreensão de conteúdos científicos, permitir uma avaliação mais crítica do processo de construção das ciências, engajar os estudantes no processo de aprendizado das ciências (MATTHEWS 1995; 2014).

Existem alguns grupos de pesquisa desenvolvendo alternativas para levar a HFC para o ensino, além das narrativas textuais. Na Alemanha, por exemplo, o grupo *Research Group on Higher Education and History of Science*, da Universidade Oldenburg, já replicou mais de 40 experimentos históricos desde a década de 1980, sendo a maior parte desses experimentos envolvendo temas de eletricidade e termodinâmica e alguns de ótica (HÖTTECKE, 2000).

No Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o ensino de ciências salientam a importância da contextualização do conhecimento científico com elementos da história. A história da astronomia, por exemplo, é apontada como indispensável para permitir ao estudante “refletir sobre sua presença e seu lugar na história do universo, tanto no tempo como no espaço, do ponto de vista da ciência”, pois “espera-se que ele, ao final da educação básica, adquira uma compreensão atualizada das hipóteses, modelos e formas de investigação sobre a origem e evolução do Universo em que vive” (BRASIL, 2002, p.32).

Ainda no tocante à história da astronomia, percebe-se que é uma temática que vem ganhando espaço nas pesquisas brasileiras. Marrone Junior e Trevisan (2009), descrevendo o perfil de artigos sobre o ensino de astronomia publicados nos últimos 20 anos no *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, mostraram que dentre 38 artigos encontrados, 12 (32%) se referem a conteúdos da história da astronomia. Os autores apontaram ainda que a cada 5 anos foram publicados 4 artigos com essa temática no periódico, revelando uma produção contínua de pesquisas relacionadas à inserção de conteúdos da história da astronomia no ensino de física (MARRONE JUNIOR e TREVISAN, 2009).

No entanto, episódios da história da astronomia são raramente abordados em sala de aula por várias razões. Dentre estas está a falta de preparo dos professores sobre conteúdos e formas de ensinar utilizando a história e a filosofia da

ciência, uma vez que são poucas as licenciaturas com disciplinas obrigatórias tanto de astronomia (BRETONES 1999; LANGHI 2009) quanto de história e filosofia da ciência (MARTINS, 2007; MOURA, 2012).

Como sabemos que dificilmente o professor exerce na prática ações para as quais não teve algum tipo de formação específica, fica evidente que a preparação de professores para o uso da história e da filosofia no ensino de ciências precisa ser ampliada. Algumas teses e dissertações vêm sendo produzidas no Brasil investigando intervenções didáticas na formação de professores de ciências nas quais foram utilizados episódios da história da ciência. Acreditamos que a ampliação de intervenções didáticas dessa natureza, que visem à inclusão da HFC na formação dos professores, potencializa o uso da HFC em futuras práticas.

Contudo, especificamente a história da astronomia ainda parece bem distante da formação dos professores. Apontamos acima que a história da astronomia é uma temática que vem sendo ampliada nas pesquisas da área de ensino, porém, outro resultado de pesquisa sobre o ensino de astronomia, aponta que poucas pesquisas têm foco na formação de professores. Ferreira e Leite (2012) revelaram que apenas 20% das teses e dissertações concluídas no Brasil entre 1970 e 2011, sobre o ensino de astronomia, se dedicaram a investigações relacionadas à formação de professores. Isso corresponde a 11 pesquisas concluídas em um período de mais de 40 anos. Dessas apenas 2 investigações foram dedicadas à formação inicial de professores.

Nesse sentido o presente trabalho pode contribuir para o preenchimento de uma lacuna, pois apresenta os resultados de uma pesquisa colaborativa que envolveu uma professora da universidade (ministrante da disciplina Gravitação), uma aluna de pós-graduação (monitora da disciplina) e oito alunos de um curso de licenciatura em Física na reedição de um episódio da história da astronomia. Mais especificamente buscou-se evidenciar os saberes mobilizados pelos licenciandos no desenvolvimento do *Projeto Eratóstenes (Brasil 2015)*, para medir o raio da Terra usando a mesma metodologia empregada pelo grego Eratóstenes, no séc. 250 a.C.

A determinação do raio da Terra no “Projeto Eratóstenes Brasil 2015”

Eratóstenes estimou o raio da Terra a partir da determinação da medida das sombras produzidas por bastões no meio dia Solar em Alexandria e em Siena, e da distância entre essas duas cidades (discutida a seguir). Sabendo que sombra produzida no dia de Solstício de Verão é zero ao meio dia solar de Siena, Eratóstenes determinou a distância angular entre as cidades de Alexandria e Siena, usando as relações abaixo.

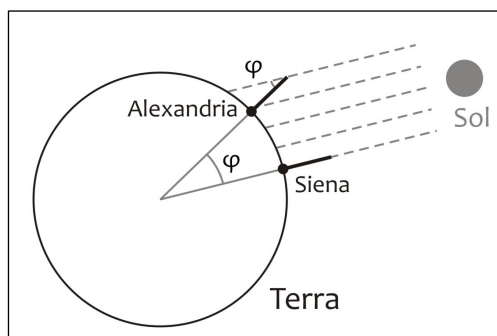


Figura 01: Representação dos ângulos e da sombra em Siena e em Alexandria.

Entretanto, os escritos originais da estimativa feita por Eratóstenes do raio da Terra foram perdidos. Dessa forma, só conhecemos seu trabalho a partir de fontes secundárias de autores da antiguidade, como Cleomedes, Plínio, Estrabão (DÉCAMP & DE HOSSON, 2010).

Em razão também disso, não se sabe ao certo como Eratóstenes determinou a distância entre Alexandria e Siena. Uma possibilidade é que tenha sido medida a velocidade média de uma caravana de camelos, o que permitiria que a distância percorrida fosse estimada pela medida do tempo de viagem. Porém, esta hipótese é pouco provável, já que os camelos não eram comuns nessa época em Alexandria, tendo sido importados após a expansão do Império de Alexandre pela Ásia. Os camelos só se tornaram comuns na região do Egito durante a era Cristã.

As hipóteses mais plausíveis, segundo Décamp e De Hosson (2010) e Dutka (1993) seriam o uso de mapas do Egito já disponíveis na época (embora esses autores apontem que existem dúvidas sobre como a construção desses mapas), ou que a distância tenha sido medida por homens contratados e treinados para andar com passos regulares, contando o número de passos da viagem.

Diversos métodos e maneiras de se replicar este experimento histórico de Eratóstenes vem sendo construído ao longo dos anos. Propostas direcionadas para professores e alunos de diversas faixas etárias têm desenvolvidas por instituições em diversos países: *Sur les pas d'Eratosthene: mesurer le tour de la Terra (França, desde 2000)*, *Measure the Earth with Shadows (EUA, desde 2005)*, *Projeto Eratóstenes (Argentina, desde 2009)*; *The Noon Day Project (EUA, desde 2002)*.

O *Projeto Eratóstenes* é uma dessas propostas e vem sendo realizado anualmente por diversas escolas do mundo, além de grupos de astronomia e autônomos, tendo como organizadores membros da Universidade de Buenos Aires (UBA), na Argentina, e docentes e estudantes da Universidade Estadual Paulista, no Brasil. Algumas pesquisas recentes já investigaram as potencialidades desse Projeto tanto para a formação de professores quanto o ensino em nível básico. Almeida e Langhi (2011) ao discutir as potencialidades desse projeto apontam para o grande potencial em contribuir para a autonomia docente. Já Santos et. al. (2012) destacam o grande potencial de uma real colaboração entre escolas e professores de distintas disciplinas que ocorre naturalmente devido a metodologia do projeto.

No Brasil o Projeto desenvolvido em 2015 esteve atrelado ao projeto *Eratóstenes no Ano Internacional da Luz*¹ que foi um projeto mais amplo. Em 2015 participaram 174 escolas de diversos países, atingindo uma quantidade estimada de 8.000 alunos. As medidas foram realizadas entre 14 e 25 de setembro de 2015.

Para que um grupo participasse do projeto, era necessário que um professor ou responsável inscrevesse os participantes no site oficial. Feito a inscrição, as escolas deveriam encontrar uma escola parceira com quem trocariam os dados necessários. A escolha não poderia ser aleatória: foi recomendado que as escolas parceiras estivessem localizadas a uma distância mínima de 400km e que tivesse obtido as medidas no mesmo dia. Após isso, os responsáveis deveriam colocar as medidas das sombras do gnômon (bastão), nos respectivos dias, na página online.

¹ Site oficial do Projeto Eratóstenes (Brasil): <https://sites.google.com/site/projetoerato/>

Os grupos deveriam ter escolhido um gnômom que seria utilizado para realizar as medidas, além disso, deveriam ter tomado as devidas precauções para minimizar os erros das medidas, como: utilizar instrumentos para verificar o nivelamento do lugar onde as medidas foram feitas e posicionar o gnômom em angulação de 90° com o solo.

A PESQUISA COLABORATIVA: METODOLOGIA E CONTEXTO

A ideia do professor como pesquisador surgiu há décadas e tem orientado práticas voltadas à formação inicial e contínua de professores. Claramente, existe um número maior de práticas realizadas no âmbito da formação continuada, quando o sujeito já exerce a profissão docente e, normalmente, se envolve em investigações que podem incluir sua própria prática com objeto de estudo.

A pesquisa nesses contextos, além da finalidade de produzir conhecimentos, tem finalidade formativa. Portanto, é preciso escolher um tipo de pesquisa que possibilite “uma participação efetiva dos professores na concepção e realização das atividades previstas, que apresentem uma flexibilidade em relação ao conteúdo investigado e cuja finalidade priorize muito mais a formação do que a mera coleta de dados” (PRADA, 2012, p.2). Entendemos que a prática da pesquisa deve estar presente desde a formação inicial dos professores, auxiliando os futuros docentes no desenvolvimento das habilidades e mobilização dos saberes que serão necessários para uma atuação como professor pesquisador.

Vários tipos de pesquisa possuem as características formativas citadas acima. Escolhemos a pesquisa colaborativa para realização do nosso trabalho fundamentando-nos, principalmente, nas ideias de Zeichner (1993) e Fiorentini (2004) objetivando criar com o grupo de futuros professores uma cultura de reflexão sobre as próprias práticas, por meio de participação voluntária, socialização dos saberes, definição conjunta das tarefas e das decisões.

Organizamos o grupo em torno do desenvolvimento do Projeto Eratóstenes e procuramos horizontalizar as relações, de modo a diminuir as relações hierárquicas entre os integrantes do grupo formado pela professora da disciplina, a monitora e os alunos do curso de licenciatura em Física. Procuramos registrar todo o percurso trilhado pelo grupo, arquivando todas as produções parciais (individuais e coletivas) e produzindo relatos sobre cada uma das reuniões (encontros para coleta e para discussão dos dados), dando particular atenção às manifestações dos bolsistas sobre o processo em curso.

O convite para desenvolver o Projeto foi apresentado após a discussão em aula da metodologia utilizada por Eratóstenes para estimar o raio da Terra e foi aceito inicialmente por 15 alunos. Após as primeiras reuniões (conduzidas pela monitora com a finalidade de explicar as etapas do Projeto) o grupo seguiu com 8 licenciandos. O Projeto Eratóstenes foi então executado no segundo semestre de 2015, como uma atividade extracurricular atrelada à disciplina regular denominada *Gravitação*, oferecida obrigatoriamente no segundo semestre do curso de Licenciatura em Física da Universidade de São Paulo. O grupo de estudantes possivelmente cursava pela primeira vez uma disciplina de Física que explorasse aspectos históricos e filósofos inerentes aos aspectos experimentais da ciência, visto que, tal disciplina tem como objetivos introduzir conceitos astronômicos, físicos e matemáticos, relacionados às teorias gravitacionais, por meio de uma abordagem histórica e filosófica da ciência.

EXECUÇÃO DO PROJETO

As primeiras reuniões tiveram como objetivo consolidar o grupo, esclarecer os objetivos gerais do projeto e definir os procedimentos que seriam realizados para a tomada de dados, ou seja, a determinação da medida das sombras do gnômon.

Os dados foram coletados a partir das instruções dos organizadores do Projeto contidas no texto “Guia de Participação”, que indicou os horários e condições espaciais que deveriam ser prezadas nos dias de medições. As medidas foram feitas nos dias 18, 21 e 22 de setembro, no período entre 11h30 e 12h30. Ainda que o objetivo fosse determinar a medida da menor sombra do dia, foi decidido coletivamente que a tomada de dados seria feita em intervalos de 5 minutos, durante uma hora.

Após a tomada dos dados foram realizadas outras reuniões até o fechamento da pesquisa. Nessas reuniões o grupo realizou a análise dos dados, discutiu os procedimentos seguintes e negociou uma série de alternativas para finalização do Projeto e escrita dos relatos de experiência com esta pesquisa. A seguir, apresentamos o relato detalhado das atividades realizadas.

No primeiro dia foi escolhido um local de observação que fosse aberto, para que a luz solar incidisse sem obstáculos, e que possuísse um solo relativamente plano para posicionar o gnômon. Para isso, foi utilizado um nível para encontrar uma região com a maior regularidade possível do solo. Feito isso, foi colocado o gnômon e alinhado a haste o mais próximo de 90° com o solo.

Ao longo dos dias, os instrumentos foram aprimorados por iniciativa do grupo de estudantes e professores participantes, de forma a aprimorar a tomada de dados e a determinação correta das sombras do gnômon. Foi escolhida uma fita métrica como instrumento de medição dos comprimentos das sombras e utilizado giz para marcá-las, possibilitando a verificação mais precisa do comprimento da sombra.

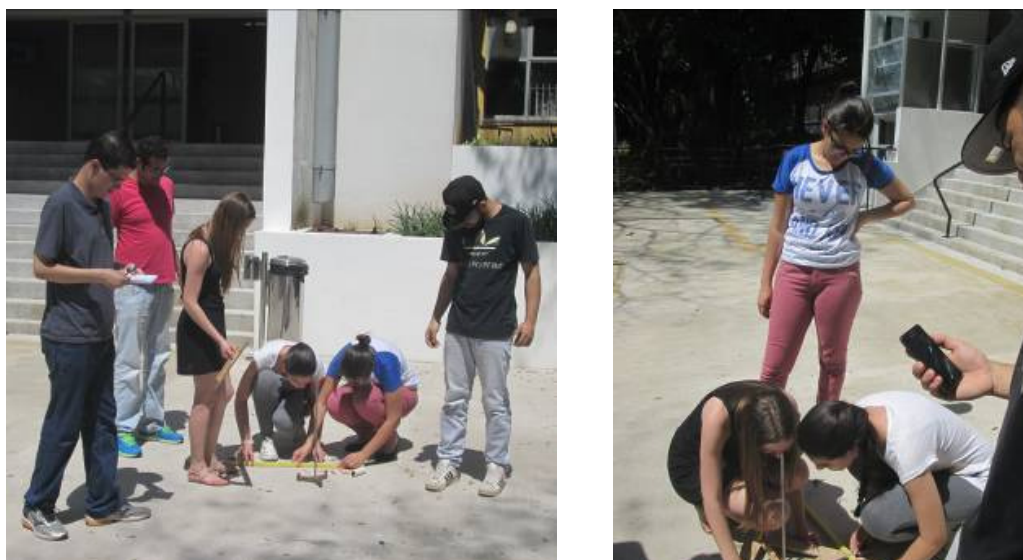


Figura 02: Fotos do grupo de estudantes participantes de nossa equipe realizando as medidas no primeiro dia (18-09).

Esses métodos foram adaptados no primeiro dia e adotados ao longo dos demais. Com isso, a tomada de dados foi iniciada e assim a cada 5 minutos as medidas eram feitas.

Após a coleta dos dados, foi realizada uma nova reunião com o grupo para que fossem determinados quais seriam os dados do valor da menor sombra do gnômon e as incertezas consideradas, que seria postado no site oficial do projeto em cada um dos dias das medidas. Dessa forma, foi decidido coletivamente em reunião para considerar os seguintes valores e partir desses determinar os valores dos ângulos:

Quadro 01: Valores da latitude e longitude locais e dos comprimentos do gnômon e da sombra do mesmo, nas respectivas datas.

Latitude	Data	Comprimento ± incerteza (cm)	Sombra ± incerteza (cm)
23°33'0" S	18.09.2015	56,300±0,065	23,90±0,05
	21.09.2015	56,100±0,065	24,60±0,05
Longitude 46°44'0" O	21.09.2015	56,100±0,065	24,60±0,05
	22.09.2015	55,800±0,065	26,00±0,05

Após o envio dos dados, iniciamos o processo de cálculo do raio da Terra e para isso era necessária a escolha de uma escola parceira, visando que os dados fossem trocados e os cálculos fossem realizados. A partir da tabela disponibilizada pelos organizadores com os dados de todas as escolas participantes, os estudantes buscaram de maneira autônoma, e coletiva, escolher aquelas escolas situadas em locais que possuem valores de longitude próximos ao nosso.

Tabela 01: Dados da latitude, longitude, comprimento da haste, da sombra, e o ângulo θ obtidos a partir das medidas da Escola Municipal de Açudinhos

Escola Municipal de Açudinhos				
Latitude	Longitude	Comprimento da haste (cm)	Comprimento sombra (cm)	Ângulo θ
20° 15'00"	46°5'00"	17,5	6,5	20,4

Tabela 02: Dados da latitude, longitude, comprimento da haste, da sombra, e do ângulo θ obtidos a partir das medidas da IES Ramón Menéndez Pidal

IES Ramón Menéndez Pidal				
Latitude	Longitude	Comprimento da haste (cm)	Comprimento sombra (cm)	Ângulo θ
43°22'00"	8°24'00"	80,0	69,8	41,1

Os valores encontrados para a medida do raio da Terra foi de $6,450 \pm 1,290$ Km, para a parceria com o Instituto Ramón Menéndez Pidal e $7,776 \pm 1,500$ Km, a partir da parceria com os dados fornecidos pela Escola Municipal Açudinhos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Procuramos identificar nos registros produzidos as situações que mobilizaram os saberes dos licenciandos com potencial para melhoria da formação dos mesmos.

A primeira situação que identificamos está relacionada ao enfrentamento do primeiro grande problema encontrado pelo grupo: a escolha dos instrumentos para a tomada dos dados.

Os estudantes perceberam que não era trivial alinhar o gnômon em relação a uma vertical absoluta, nem determinar observacionalmente a posição exata para medida do comprimento da sombra. Concluíram que não deveriam mudar o local das medidas e que seria inevitável um prejuízo no alinhamento, devido as pequenas ondulações do solo. Para realização da medida da sombra do gnômon, eles elaboraram uma série de alternativas, optando por desenhar as retas das sombras do gnômon e seus limites, para que depois pudessem novamente medir as sombras.

Outra situação problemática que enfrentaram foi o cálculo das incertezas. Inicialmente o cálculo das incertezas deveria ser desenvolvido de maneira bastante autônoma pelos estudantes. Entretanto, eles rapidamente acusaram dificuldades para realizar a tarefa. Com as discussões coletivas, os licenciandos concluíram que o método utilizado para coletar os dados não forneceu os parâmetros necessários para efetuar a propagação de erros na incerteza do raio e que era preciso eles mesmos determinarem o método que seria utilizado.

Acreditamos que o bom desempenho dos licenciandos na análise do segundo problema pode estar associado à mobilização de saberes construídos nas disciplinas experimentais que estavam realizando naquele semestre, nas quais os conteúdos e procedimentos são voltados para realização de medidas e estimativa de erros. Entretanto, em um primeiro momento, os estudantes não apresentam questionamentos sobre os instrumentos e a metodologia sugerida pelo Projeto, o que pode também estar atrelado às disciplinas experimentais que estavam cursando, e que propõem em sua maioria roteiros fechados, que não estimulam os estudantes à questionarem a montagem experimental ou mesmo os procedimentos.

A construção desses conhecimentos parece ter ocorrido no decorrer do Projeto. Na opção que os estudantes fizeram por calcular o valor do raio da Terra e sua incerteza, notamos mobilização de saberes dessa natureza. O cálculo não era obrigatório, bastava o grupo colocar as medidas das sombras no sistema e o cálculo era realizado pela organização do Projeto. Entretanto, os estudantes chegaram ao consenso que deveriam tentar manter a maior fidelidade possível ao método original de Eratóstenes. Eles perceberam a necessidade de realizarem o cálculo do valor do raio da Terra partindo da escolha de uma escola parceira escolhidas por nós.

Trocaram informações com escolas parceiras que estivessem localizadas na mesma longitude (uma premissa do método), mas essas se localizavam próximas do local onde realizaram a medida, na mesma cidade. Utilizaram também dados informados por outras escolas disponíveis no sistema.

Após realizarem os cálculos notaram que o valor encontrado para o raio estava muito discrepante se comparado com o valor médio calculado pelos organizadores do projeto (que se aproxima ao valor aceito atualmente). Eles refizeram os cálculos e levantaram hipóteses até encontrarem o motivo da diferença. Perceberam que os organizadores não seguiram uma importante premissa da

metodologia utilizada por Eratóstenes, que se constitui em calcular o ângulo relativo a partir de duas cidades que estejam no mesmo meridiano.

Dessa forma, os estudantes questionaram a metodologia utilizada pelos organizadores do projeto mostrando uma potencialidade do projeto em incitar uma percepção crítica do aluno frente a um roteiro experimental e uma valorização dos aspectos históricos. Nas disciplinas experimentais oferecidas nas universidades, mesmo quando a atividade experimental está relacionada à reprodução de experimentos históricos, caso comum dos laboratórios de Física Moderna nos quais se reproduz a experiência de Millikan para determinação da carga do elétron, por exemplo, os roteiros induzem a uma reprodução positivista da teoria.

Nas discussões coletivas do grupo sobre esse tema, os estudantes puderam ser alertados que nem sempre é possível reproduzir os experimentos históricos com grande fidelidade, mas eles perceberam que neste caso era possível ao menos escolher a escola parceira situada na mesma, ou muito próxima, longitude, algo que estaria de certa forma sendo conservado da perspectiva histórica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar os dados percebemos que os licenciandos mobilizaram uma série de saberes que podem contribuir para aperfeiçoamento de seus processos de formação inicial e de suas futuras práticas docentes. Alguns estão ligados às potencialidades do Projeto já indicadas em pesquisas anteriores, como a promoção da autonomia e a realização de uma experiência interdisciplinar.

A experiência analisada nos permite apontar outras contribuições para a formação dos futuros professores. Ao proporcionar a inserção dos estudantes em um contexto histórico relacionado a um contexto experimental, de maneira distinta daquela promovida pelos laboratórios didáticos típicos dos cursos de Física, os estudantes foram levados a uma atitude mais crítica frente à experimentação e a utilização didática da reprodução de experimentos históricos.

Os resultados construídos com os próprios licenciandos indicam ainda a mobilização de saberes ligados à prática reflexiva e saberes ligados à experimentação que poderão contribuir para melhor aproveitamento das atividades no seguimento do curso de licenciatura. Para trabalhar em grupo precisaram aprender a valorizar a opinião dos colegas e analisá-las em comparação com as suas próprias, avaliar opções, negociar com os pares para tomar decisões coletivamente. Ao desenvolver o Projeto, aprenderam a importância de escolher a metodologia e os equipamentos mais adequados para a coleta de dados, determinar o processo de medição, estimar incertezas e determinar os erros de medidas.

Outras aprendizagens podem contribuir mais diretamente nas práticas docentes futuras, como à escolha de conteúdos e estratégias para o ensino. Foi possível refletir sobre as dificuldades da reprodução de experimentos históricos, a valorização de uma prática experimental contextualizada e a fidelidade à história quando se escolhe usar episódios da HFC no ensino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, T. R.; LANGHI, R. Projeto Eratóstenes Brasil: ensinando astronomia com autonomia. In: Anais do **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física**, São Paulo: SBF, 2011.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais+**. Secretaria da Educação Média e Tecnológica, Brasília: MEC/SEMT, 1998.

BRETONES, P. S. **Disciplinas introdutórias de Astronomia nos cursos superiores do Brasil**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, UNICAMP, 1999.

DÉCAMP, N.; DE HOSSON, C. Implementing Eratosthenes' Discovery in the Classroom: Educational Difficulties Needing Attention. **Science & Education**, 21(6), pp 911-920, 2012.

DUTKA, J. Eratosthenes' Measurement of the Earth Reconsidered. **Archive for History of Exact Sciences**. 46 (1), p. 55-66, 1993.

FIORENTINI, D. Pesquisar práticas colaborativas ou pesquisar colaborativamente? In: BORBA, M. C. e ARAÚJO, J. de L. (org.) **Pesquisa qualitativa em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autentica. p. 47-76, 2004.

HOTTECKE, D. How and what can we learn from replicating historical experiments? A case study. **Science & Education**, v.9, p.343-362, 2000.

LANGHI, R. **Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: repensando a formação de professores**. 2009. 370 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2009.

MARRONE JUNIOR, J.; TREVISAN, R. H. Um perfil da pesquisa em ensino de astronomia no Brasil a partir da análise de periódicos de ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 3, p.547-574, 2009.

MARTINS, A. F. P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.24, n.1, p.112-131, 2007.

MATTHEWS, M. História, Filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, vol. 12, n.3, 1995.

_____. Changing the focus: from nature of science (NOS) to features of science (FOS). In: KHINE, M.S.: **Advances in Nature of Science Research**. Dordrecht: Springer, 2012.

MOURA, B. A. **Formação crítico-transformadora de professores de Física: uma proposta a partir da História da Ciência**. 2012. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo. 2012.

PRADA, E. A. Metodologias de pesquisa-formação de professores nas dissertações e teses: 1999-2008. In.: Atas da **IX ANPED Sul**. Caxias do Sul – RS, 2012.

SANTOS, A. J. de J.; VOELZKE, M. R.; DE ARAÚJO, M. S. T. O Projeto Eratóstenes: a reprodução de um experimento histórico como recurso para a inserção de conceitos da Astronomia no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 29, n. 3, 2012.

ZEICHNER, K. M. **Formação reflexiva de professores – ideias e práticas**. Lisboa: Educa, 1993.