

INTERPRETAÇÕES EPISTEMOLÓGICAS DE LICENCIANDOS EM FÍSICA ACERCA DOS MODELOS GEOCÊNTRICO E HELIOCÊNTRICO

EPISTEMOLOGICAL INTERPRETATIONS OF PRE-SERVICE PHYSICS TEACHERS ABOUT THE GEOCENTRIC AND HELIOCENTRIC MODELS

Flávia Polati¹ e João Zanetic²

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

² Instituto de Física/Departamento de Física Experimental/USP, zanetic@if.usp.br

Resumo: *A importância de conhecimentos da história e da filosofia da ciência no ensino de Ciências nos diversos níveis vem sendo destacada por inúmeras pesquisas. A formação de professores preparados para lidar com o ensino desses conhecimentos vem se tornando um dos principais desafios à introdução dessa temática em sala de aula. Dessa forma, esta pesquisa busca a partir de alguns debates travados por filósofos e historiadores da ciência acerca do episódio histórico comumente conhecido como “Revolução Copernicana”, analisar interpretações epistemológicas de futuros professores de Física acerca do processo de transição entre os modelos geocêntrico e heliocêntrico de Sistema Solar. Os dados foram coletados durante uma disciplina de graduação, obrigatória aos estudantes do 2º semestre do curso de licenciatura em Física, da Universidade de São Paulo. Para este trabalho selecionamos 12 estudantes que apresentaram argumentos mais elaborados para as questões investigadas. Após a leitura dos dados, as interpretações foram classificadas em sete categorias: Convencionalismo, Empirismo sofisticado, Empirismo ingênuo, Falseacionismo, Conflito entre ciência e religião, Influências sociais na ciência e Influências da matemática e da tecnologia na ciência. Percebemos nos argumentos uma forte tendência a atribuir como principais motivos da Revolução Copernicana aspectos empíricos e observacionais. Poucos atribuíram a este período aspectos sociais ou culturais como relevantes para essa transição. E ainda muitos argumentaram serem crenças religiosas fundamentais para a escolha de um determinado modelo para o Sistema Solar. Com isso, esperamos contribuir para cursos de formação inicial e continuada de professores que queriam abordar conhecimentos da história e da filosofia inerentes ao conhecimento astronômico.*

Palavras-chave: história e filosofia da ciência, modelos de Sistema Solar, formação inicial de professores.

Abstract: *The importance of history and philosophy of science in science education in many levels has been highlighted by many investigations. To train teachers to be prepared to deal with the teaching of this knowledge has become a major challenge to the introduction this subject in classrooms. Thus, this research studied some debates between philosophers and historians of science about the historical episode commonly known as "Copernican Revolution", and we have analyzed epistemological interpretations of future physics teachers about the transition process between the Solar System geocentric and heliocentric models. Data were collected during a physics teaching degree course, with 2nd semester student's from the University of São Paulo. For this study, we selected 12 students who had more elaborate arguments about the issues investigated. After reading the data, interpretations were classified into seven categories: Conventionalism, Sophisticated Empiricism, Naive Empiricism, Falsifiability, Conflict between science and religion, Collective science and Socially determined and Influences of mathematics and technology in science. We concluded that the arguments show a strong tendency to assign as the main reasons for the*

Copernican Revolution are empirical and observational aspects. Just a few students attributed to this period social and cultural influences as relevant aspects to this transition. Yet, many argue that religious beliefs to the choice of a particular model for the Solar System. In the end, we hope to contribute to physics teacher training courses and physics teachers courses degree who wanted to introduce history and philosophy of science inherent in the astronomical knowledge.

Keywords: history and philosophy of science, solar system models, initial teacher education

INTRODUÇÃO

Na área de pesquisa em ensino de ciências pode se afirmar que há atualmente um consenso sobre a importância da presença da história e filosofia da ciência (HFC) na sala de aula junto aos conteúdos de ciências (MATTHEWS 1995, 2012; PEDUZZI et al, 2012).

Nas últimas décadas, pesquisas internacionais e nacionais têm defendido o uso da HFC para também ensinar aspectos que evidenciem as maneiras como a ciência se desenvolve. Esse movimento envolve uma defesa acerca do ensino de aspectos denominados “Natureza da Ciência” (NdC), ou seja, aquilo que “... se refere aos valores e assunções inerentes ao desenvolvimento do conhecimento científico...” (LEDERMAN 1992, p.331).

Alguns educadores em ciências acabaram por elaborar uma lista de aspectos da natureza da ciência que traria uma “visão consensual” da NdC que deveria estar nas aulas de ciências. Embora houvesse uma tentativa de elaboração de pontos consensuais da natureza da ciência e uma defesa de sua abordagem no ensino, há autores contemporâneos que consideram esses pontos controversos. Irzik e Nola (2011) têm ressalvas à “visão consensual” ao considerar as especificidades do conhecimento científico e do período histórico pois “*pode levar a uma visão muito pobre da ciência, por exemplo, ao simplesmente afirmar que “não existe um método científico universal e atemporal”* (IRZIK e NOLA 2011, p.593).

Irzik e Nola (2011) argumentam ainda que, em razão das especificidades do conhecimento científico mudarem ao longo da história, há controvérsias sobre as maneiras como se dá o processo de construção do conhecimento científico. Não se trata de enunciar um único caminho pelo qual a ciência é construída, visto que podem existir diversas versões sobre “o que é a ciência?”, “o que é experimentação?”, “toda observação é carregada de teoria?” entre estudiosos do assunto. Tendo em vista a existência dessas controvérsias, é importante considerar o debate de que, dada a complexidade destas questões sobre como a ciência é construída, é bastante arriscado estabelecer uma “concepção correta de ciência” como se a mesma fosse uma visão “verdadeira” (BAGDONAS et al., 2012; MATTHEWS, 2012; MARTINS 2015).

Os debates históricos em torno da evolução da compreensão da estrutura do Sistema Solar estão entre os temas científicos mais discutidos nas pesquisas que abordam aspectos fundamentais da natureza da ciência (McCOMMAS 2008). No entanto, episódios da história da astronomia são ainda pouco abordados em sala de aula por várias razões. Dentre elas está a falta de preparo dos professores sobre conceitos e formas de ensinar astronomia, uma vez que são poucas as licenciaturas com disciplinas obrigatórias de astronomia (BRETONES 1999).

No Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o ensino fundamental e os PCN+ para o ensino médio salientam a importância da contextualização do conhecimento científico com elementos da história. A história da ciência, por exemplo, é apontada como um assunto indispensável das ciências por permitir aos estudantes *“refletir sobre sua presença e seu lugar na história do universo, tanto no tempo como no espaço, do ponto de vista da ciência”* e ainda *“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).

Outra tendência, que está surgindo como consensual entre educadores que objetivam a formação de cidadãos críticos é a de formar professores como intelectuais (GIROUX, 1997). A história da ciência, resgatando a memória das ideias inspiradoras e de fatos e fenômenos, e a filosofia narrando a evolução epistemológica, tem um lugar de destaque na perspectiva da formação de professores de ciências como intelectuais.

Entretanto, ainda que recentemente encontremos algumas pesquisas no contexto brasileiro que realizaram investigações sobre intervenções didáticas na formação de professores de ciências com episódios da história da ciência, há uma escassez de pesquisas que trabalhem com temas da história da astronomia. É ainda também relativamente pequeno, comparando com os trabalhos de pesquisa em ensino de física, o número de pesquisas que investigam questões relacionadas à formação inicial ou continuada de professores junto ao ensino da astronomia (TIGNANELLI e BENÉTREAU-DUPIN, 2014, p.605).

Com esse trabalho buscamos assim evidenciar a existência de algumas interpretações epistemológicas de estudantes do 1º ano de um curso de Licenciatura em Física de uma universidade pública de São Paulo. Ao traçar paralelos com diferentes interpretações de filósofos da ciência contemporâneos, objetivamos fornecer um espectro das interpretações filosóficas de futuros professores de Física acerca desse tema histórico. Ao final, esperamos contribuir com subsídios aos formadores de professores que queiram trabalhar com discussões históricas e filosóficas relacionadas à astronomia em cursos de formação inicial ou continuada.

Interpretações epistemológicas dos modelos geocêntrico e heliocêntrico

Diversos historiadores e filósofos investigaram e propuseram interpretações epistemológicas acerca dos pressupostos da mudança científica que envolveu os modelos geocêntrico e heliocêntrico. Os eventos associados à transição dos modelos de Sistema Solar, ocorrida entre os séculos XVI e XVII, ficaram amplamente conhecidos recentemente como a “Revolução Copernicana”.

A partir de meados do século passado surge, na década de 1960, a chamada “Nova Filosofia da Ciência”, marcada por autores como Ludwik Fleck (1896 – 1961), Karl Popper (1902 – 1994), Thomas Kuhn (1922–1996), Stephen Toulmin (1922 – 2009), Paul Feyerabend (1924 –1994), Norwood Russell Hanson (1924-1967), dentre outros, que passam a questionar elementos do positivismo lógico.

A ciência como um conhecimento objetivo desenvolvido por meio da indução a partir de experimentos que descrevem a realidade, vem sendo criticada até os dias de hoje por filósofos, historiadores e sociólogos da ciência. Afirmações como “os experimentos mostram resultados isentos de interpretações teóricas prévias” ou “toda observação nos fornece informações isentas de interpretações”, que podem

ser associadas ao positivismo lógico ou à tradição empirista, receberam inúmeras críticas de filósofos da ciência como Hanson, Kuhn e Feyerabend.

Fatores antes considerados “valores não cognitivos” passaram a ser considerados como predominantes na escolha de teorias por parte de cientistas ou de uma comunidade de cientistas. Dessa forma, a epistemologia de Kuhn trouxe à tona a possibilidade de critérios subjetivos, sociais ou até mesmo místicos serem determinantes no sucesso e aceitabilidade das teorias, constituindo assim uma espécie de “relativismo epistemológico”.

Um dos maiores destaques deste período foi certamente o físico, historiador e filósofo da ciência estadunidense Thomas Kuhn. Em sua proposta, os critérios de escolha e aceitabilidade das teorias científicas baseadas apenas nos procedimentos internos da ciência foram densamente questionados, e o estudo de episódios da história da ciência passou a ser fortemente considerado para a compreensão da dinâmica das teorias científicas de acordo como acontece na ciência.

Para Kuhn, a astronomia e o modelo geocêntrico no fim do século XVI se encontravam em um período de crise e outros modelos alternativos para o Sistema Solar teriam aparecido na sociedade ocidental (KUHN, 1990). Posteriormente, na fase pré-paradigmática, os modelos concorriam entre si e alguns deles viriam a se estabelecer como fortes candidatos a substituir o paradigma vigente. Com o enfraquecimento do antigo paradigma para resolver determinado problema, que não apresenta solução, parte da comunidade científica acaba apelando para uma nova teoria antagônica às até então vigentes, como no caso do heliocentrismo. Assim, numa situação de revolução um novo paradigma é escolhido pela comunidade científica, que passa assim a praticá-lo e aprimorá-lo nas ações da *ciência normal*.

A concepção “indutivista” foi adjetivada com diversas terminologias, como “visão de senso comum da ciência” (CHALMERS 1993, p.24) ou “visão idealista da ciência”, segundo a qual a ciência descobriria leis eternas, as “leis imutáveis da Natureza” (FOUREZ 1995, p.252). Tais concepções de conhecimento científico, embasadas em correntes do positivismo lógico, se encontram até atualmente muito presentes entre estudantes de diversos níveis.

Como uma proposta alternativa ao indutivismo para definir critérios de avaliação de uma teoria científica há a noção de *falsificacionismo*, defendida principalmente pelo filósofo da ciência austro-húngaro Karl Popper (1902-1994). Para os defensores desta corrente, a ideia de progresso científico é um conceito fundamental das explicações de mudanças científicas, e o significado das confirmações depende principalmente de seu contexto histórico. Dessa forma, o falsificacionismo indica que certas teorias podem ser falsas devido a exclusivamente os resultados da observação e dos experimentos que não conseguem explicá-las.

As interpretações indutivistas e falsificacionistas para os eventos da Revolução Copernicana receberam inúmeras críticas e apresentam fragilidades. Para muitos historiadores e filósofos, tal período apresentou uma grande complexidade, envolvendo tanto aspectos objetivos quanto subjetivos à prática científica. Ao interpretar tal episódio tendo como enfoque apenas as relações entre as teorias e as proposições de novas observações, a complexidade e a real prática científica são deixadas de lado. Dessa forma, com um estudo histórico pormenorizado, pode-se revelar que as teorias possuem a característica de uma estrutura específica nas ciências e não podem ser explicadas somente pelas interpretações indutivistas e falsificacionistas (CHALMERS, 1993 p.110).

Uma proposta complementar às teses indutivista e falsificacionista é a ideia de “Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica”, proposta pelo filósofo da ciência e matemático húngaro Imre Lakatos (1922 – 1974) numa tentativa de melhorar o falsificacionismo popperiano e superar suas objeções. Na proposta filosófica de Lakatos, os programas de pesquisa possuem um *núcleo irredutível*, que é protegido da falsificação por um cinturão de hipóteses auxiliares, condições iniciais, sendo esta a principal característica que define o programa.

De acordo com a proposta de Lakatos, o programa de pesquisa heliocêntrico de Copérnico, por exemplo, apresenta como núcleo irredutível as suposições de que a Terra e os demais planetas se movimentam em revolução ao redor do Sol e a Terra possui movimento de rotação. E tanto Copérnico como Ptolomeu tinham como base programas de investigação específicos, derivados do programa Pitagórico-Platônico de que a perfeição dos movimentos dos corpos celestes deveria prezar pela combinação de um número tão pequeno quanto possível de movimentos uniformes. Copérnico não teria elaborado um programa novo, mas sim restaurado a ideia central de Aristarco de Samos e mantido a heurística platônica. Neste sentido Copérnico teria sido mais bem sucedido do que Ptolomeu (LAKATOS, 1998 p.95).

A revolução copernicana, nessa visão, também pode ser interpretada como um exemplo de convencionalismo de uma revolução científica. Para os convencionalistas, o progresso científico é cumulativo, e ocorre no nível básico dos fatos experimentais e se dá por meio de um critério de escolha pela simplicidade das teorias (LAKATOS, 1998 p.26). Historiadores da ciência convencionalistas se apoiam em invenções de sistemas de classificação mais novos e mais simples. Entretanto, tal historiografia, como afirma Lakatos, “*não apresenta uma explicação racional do motivo que conduziu a seleção preferencial de certos fatos ou a utilização preferencial de temas de classificação particulares em detrimento de outros quando seus méritos relativos não eram ainda claros*” (LAKATOS, 1998 p.27).

Uma das críticas mais importantes ao convencionalismo é apresentada por Thomas Kuhn (1990; 1994), em um dos mais importantes livros que trata da transição do modelo heliocêntrico para o geocêntrico, *A Revolução Copernicana: astronomia planetária no desenvolvimento do pensamento ocidental*, de 1957. A partir de estudos de fontes originais, Kuhn apresenta diversos elementos que evidenciam que o sistema copernicano era pelo menos tão complexo como o ptolomaico. Isso pode ser evidenciado, por exemplo, pelo fato de que o modelo de Copérnico usa tantos epiciclos quanto o de Ptolomeu (COPÉRNICO, 1990).

As interpretações indutivista, falsificacionista e convencionalista apresentadas podem também ser insuficientes para a análise real da prática científica, enquanto reconstruções racionais da história. Conhecido como o “anarquista epistemológico”, o filósofo da ciência austríaco Paul Feyerabend chega a afirmar que todas as metodologias e reconstruções racionais podem ser historiograficamente falsificadas, e seria impossível estabelecer uma *teoria geral* da racionalidade científica.

Ainda para Feyerabend, o modelo copernicano venceu a “disputa” contra o modelo ptolomaico com base na propaganda científica, que seria a defesa de uma teoria que não tivesse elementos empíricos ou uma consistente defesa racional e, assim, fatores irracionais à ciência teriam promovido o vencedor. Galileu, por exemplo, teria usado artifícios não racionais e de propaganda para promover o modelo heliocêntrico, segundo o mesmo Feyerabend.

Defendendo a ideia de que a ciência não segue regras ou metodologias estritamente racionais, Feyerabend analisa e descreve vários episódios que tangem a Revolução Copernicana, evidenciando que diversas regras prescritivas da ciência podem ser violadas. Ele chega a afirmar que as interpretações filosóficas comuns para a análise do que teria ocorrido neste episódio, como o empirismo ingênuo, o empirismo sofisticado, o falseacionismo, o convencionalismo e a teoria das crises, são problemáticas e não retratam o que realmente ocorreu e os motivos que teriam levado à aceitação do modelo heliocêntrico (FEYERABEND, 2007, p.204).

Com isso, a filosofia da ciência marcada pela análise de episódios históricos possibilitou diferentes interpretações do que ficou conhecido como a Revolução Copernicana. É importante ressaltar que há outras interpretações para este rico tema da história da humanidade, além daquelas aqui apresentadas. Entretanto, para esse trabalho, fizemos apenas um recorte pontual das interpretações mais difundidas e somente as introduzimos ao leitor.

Com a introdução de diferentes interpretações, partimos nessa pesquisa de uma premissa epistemológica pluralista e não consensual da natureza da ciência, em que diversas interpretações dos episódios históricos são plausíveis e não há um consenso sobre os reais motivos que poderiam ter influenciado o processo de validação do modelo heliocêntrico: cabe a cada filósofo interpretar o episódio de acordo com seu modelo epistemológico. Dessa forma, acreditamos que todas as interpretações filosóficas podem ser válidas e contribuir para uma formação de professores críticos, numa perspectiva de formação intelectual menos dogmática.

METODOLOGIA E CONTEXTO DE INVESTIGAÇÃO

Esta pesquisa é de natureza qualitativa e buscamos a partir de relatos escritos inferir sobre a percepção de futuros professores de Física em formação acerca da chamada Revolução Copernicana. Esse procedimento seguiu as técnicas de análise de conteúdo propostas por Bardin (1995) e o processo de inferência no olhar dos dados foi de extrema importância, possibilitando a passagem da descrição à interpretação (FRANCO, 2005).

A tomada de dados se desenvolveu durante uma disciplina de graduação, denominada *Gravitação*, obrigatória aos estudantes do 2º semestre do curso de Licenciatura em Física da USP. Tratavam-se assim de estudantes do 1º ano da graduação em Física. É importante ressaltar que possivelmente tais estudantes cursavam pela primeira vez uma disciplina de Física que explorasse aspectos humanísticos da ciência, visto que, desde sua concepção (em 1993), ela tem como objetivos introduzir conceitos astronômicos, físicos e matemáticos, relacionados às teorias gravitacionais, por meio de uma abordagem histórica e filosófica da ciência.

Os dados foram obtidos a partir dos relatos escritos individuais, obtidos em um questionário antes do início da disciplina e em alguns dos trabalhos individuais realizados durante a disciplina. No questionário inicial, com 33 questões, buscou-se investigar as concepções que os estudantes possuíam antes do início da disciplina acerca dos conhecimentos da astronomia do Sistema Solar, dos conceitos físicos da gravitação e dos aspectos da natureza da ciência que tangem tais conceitos. Nos trabalhos individuais, propostos para desenvolverem após as aulas, foram propostas questões para reflexão tanto dos temas científicos discutidos em aula, como da natureza da ciência, problematizando assim como a ciência é construída.

As questões de natureza da ciência selecionadas para investigar as interpretações desses estudantes se deram em dois âmbitos: um relacionado ao contexto científico em questão (a revolução entre os modelos de Sistema Solar) e outro de característica geral, referente a algum aspecto da ciência. Dessa forma, seguimos as tendências de pesquisas recentes que avaliaram diferentes propostas de questionários para investigar concepções da natureza da ciência e apontam para efetividade maior de questionários que envolvem tanto questões específicas e contextualizadas quanto questões epistemológicas mais gerais (PORRA et al 2011).

No total, responderam os questionários e os trabalhos individuais 43 estudantes do período diurno e 31 do período noturno. Para essa pesquisa pontual e por limitação de espaço, apresentamos um recorte dos sujeitos investigados, totalizando 12 estudantes cursantes do período diurno. Eles foram selecionados por apresentarem melhores desempenhos nas atividades e nos trabalhos realizados ao longo da disciplina, além de uma argumentação mais desenvolvida e menos ingênua para as questões propostas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise das respostas escritas, fornecidas nos questionários e nos trabalhos desenvolvidos durante a disciplina *Gravitação*, visou identificar algumas interpretações epistemológicas de futuros professores de física acerca da transição ocorrida entre o modelo geocêntrico e o heliocêntrico, comumente conhecida como Revolução Copernicana. Dessa forma, não buscamos neste trabalho esgotar a análise das concepções dos investigados ou mesmo avaliar a efetividade da disciplina cursada para alterar tais concepções, mas sim buscamos revelar interpretações de futuros professores e problematizá-las.

Para a análise e a interpretação dessas concepções, centramos nossa atenção nos argumentos escritos pelos estudantes, de forma a procurar frases ou termos que indicassem sua interpretação acerca da questão proposta. Dessa forma, as categorias não são excludentes e encontramos mais do que uma categoria em respostas de um estudante. Classificamos assim os argumentos que evidenciam as distintas interpretações filosóficas dos futuros professores acerca do episódio da Revolução Copernicana em tais categorias:

Conflito entre ciência e religião: obstáculos religiosos impediram a superação do geocentrismo e aceitação do modelo heliocêntrico em um primeiro momento.

Convencionalismo: o modelo heliocêntrico foi aceito por ser mais simples do que o modelo geocêntrico, que ficou cada vez mais complicado com a inserção dos epiciclos, deferentes e equantes para dar conta de explicar os dados observacionais.

Empirismo ingênuo: o modelo heliocêntrico foi aceito por que ele corroborou os novos dados observacionais que surgiram com a aprimoração dos instrumentos, principalmente após o uso do telescópio para fins astronômicos.

Empirismo sofisticado: o modelo heliocêntrico foi aceito por que ele explica os fenômenos já conhecidos e ainda as novas observações, podendo fazer boas previsões, de forma a explicar uma maior quantidade de dados empíricos.

Falseacionismo: novas observações refutaram importantes pressupostos do modelo geocêntrico e conduziram à invenção de um novo modelo que possibilitasse a explicação das novas observações.

Influências sociais na ciência: fatores sociais e culturais da sociedade vigente dos séculos XVI e XVII contribuíram para a aceitação do modelo heliocêntrico.

Influências da matemática e da tecnologia: só foi possível ser aceito o modelo heliocêntrico devido ao aprimoramento de elementos da matemática e da evolução de novos aparatos tecnológicos.

Ainda que as categorias elaboradas tenham partido das respostas dos estudantes, elas foram também inspiradas nas interpretações de filósofos resumidas na introdução dessa pesquisa. Entretanto, é preciso destacar que nossa intenção não é associar a interpretação dos estudantes de maneira equivalente à interpretação dos filósofos da ciência, mas apenas ilustrar os argumentos dos estudantes com as noções comumente difundidas na filosofia da ciência.

No questionário inicial, perguntamos quais seriam os argumentos físicos e astronômicos que justificam a aceitação atual do modelo heliocêntrico e a renúncia do modelo geocêntrico. Complementamos perguntando se isso significa que o modelo geocêntrico não é mais válido e deve ser descartado definitivamente.

Grande parte dos estudantes investigados (7 estudantes – 58% da amostra) apresentou noções *Empiristas*, sendo que dois estudantes mostraram argumentos de uma postura *Empirista-ingênua*, ao dizer que os fenômenos de estações do ano e os movimentos dos planetas observados seriam melhor explicados pelo heliocentrismo.

Cinco estudantes apresentaram uma resposta relacionada ao *Empirismo-Sofisticado*. Dois deles se referiram à impossibilidade do modelo geocêntrico explicar de maneira convincente fenômenos fora do âmbito terrestre. Outros três associaram a observação dos satélites de Júpiter como o motivo que teria questionado a humanidade do por que os astros deveriam girar somente em torno da Terra e não em torno de outros planetas.

Um estudante afirmou ser o modelo heliocêntrico aquele que mais vai ao encontro da noção de referencial inercial, numa interpretação anacrônica, ao olhar com os elementos da física do presente a história do passado. Dois outros estudantes apresentaram noções vagas e incompletas como “*O modelo mais aceito é o que considera o Sol como centro do Sistema Solar*” (ALEXANDRE) que não se assemelham às interpretações epistemológicas. Apenas dois estudantes disseram desconhecer os motivos pelos quais o modelo heliocêntrico foi adotado.

Dentre as questões desenvolvidas durante o curso, no primeiro trabalho perguntamos aos estudantes quais os motivos que encontramos na história que levaram ao abandono da teoria geocêntrica e à adoção de uma teoria heliocêntrica para o Sistema Solar e que expressassem ao menos 2 (dois) motivos. Além disso, perguntamos no item b, de maneira mais geral, quais critérios fazem com que a comunidade científica abandone uma teoria científica e a substitua por outra.

Metade dos estudantes investigados apresentou interpretações empiristas para esta questão. Três deles apresentaram uma interpretação *Empirista-ingênua*, em que as novas observações dos astros celestes que antes não eram explicadas pelo modelo geocêntrico foram importantes para corroborar o modelo heliocêntrico. Outros três estudantes apresentaram respostas indicando um *Empirismo-Sofisticado*, associando a explicação dos movimentos retrógrados de Marte e a observação de Mercúrio e Vênus próximos ao Sol como observações decisivas para corroborar o modelo heliocêntrico.

Quatro estudantes apresentaram posturas semelhantes ao *Convencionalismo*, ao afirmar que o critério de mudança para o modelo heliocêntrico teria sido a simplicidade deste modelo, como “*Em determinado momento usou-se epíclis e deferentes para tentar explicar o movimento retrógrado, contudo as falhas eram grandes e se tornou muito complexa para explicar de forma adequada. O modelo heliocêntrico explica estes fenômenos de forma mais simples, o que corroborou para que esta fosse adotada*” (SILVA).

Dois estudantes apresentaram uma noção de *Conflito entre ciência e religião* ao dizer que o modelo heliocêntrico “*também sofreu resistência, não dos pensadores gregos, mas da Igreja católica e conservadores aristotélicos. Apesar da resistência histórica e intelectual, o modelo heliocêntrico estabeleceu-se a preço de proibição e condenação*” (MIRANDA). Três estudantes apresentaram uma noção de *Influências sociais na ciência* ao afirmar que “*a grande inovação do heliocentrismo para o geocentrismo é, ao meu ver, mais social do que científica*” (PEREIRA). Por fim, um estudante argumentou terem ocorrido *Influências da matemática e da tecnologia* para a aceitação do modelo heliocêntrico.

Ao perceber a forte presença de argumentos relacionados ao empirismo, propusemos no segundo trabalho duas questões para aprofundar nossa compreensão das interpretações acerca da transição entre o modelo heliocêntrico e geocêntrico. Ao perguntarmos, de maneira mais geral, se eles acreditavam que uma teoria só pode ser considerada válida se há dados observacionais ou experimentais que corroboram suas previsões, e que argumentassem suas posições, novamente grande parte dos estudantes (6 – 50%) apresentou noções empiristas.

Dois estudantes apresentaram noções *ingênuas*, argumentando que uma teoria só pode ser considerada válida se há experimentos ou observações que as “*prove*”. Três estudantes apresentaram argumentações mais *sofisticadas*, dizendo que a validade das teorias depende dos dados empíricos, mas também das potencialidades desta fazer previsões de fenômenos. Apenas um estudante apresentou noções *falseacionistas*, de que a existência de resultados empíricos poderia ser útil para falsear uma teoria.

Outra metade dos estudantes disse não serem os experimentos e dados observacionais determinantes da aceitação de uma nova teoria ou modelo. Dois estudantes disseram serem as *influências da matemática e da tecnologia* importantes para o desenvolvimento da matemática para as novas teorias físicas. Outro estudante disse que também fatores sociais influenciam na ciência, visto que “*sendo a teoria bem postulada e tendo a aceitação da sociedade, ela pode muito bem ser válida para o momento vigente*”.

Já na segunda questão, ao perguntar quais as razões que fizeram com que, em diferentes momentos da história, o homem preferisse apenas um sistema de referência para o Sistema Solar (geocêntrico ou heliocêntrico) e se estas razões eram observacionais, filosóficas, religiosas ou outras, seis estudantes (50% do total) reforçaram a visão *empirista ingênua* de que razões empíricas, observacionais, corroboram as teorias científicas. Apenas um estudante apresentou uma noção *convencionalista*, chegando a traçar um paralelo com a ideia da “*Navalha de Ocam*”.

Grande parte dos estudantes mencionou, como um dos critérios para a preferência por apenas um dos modelos de Sistema Solar, serem as crenças religiosas da sociedade vigente, apresentando uma concepção de *conflito entre ciência e religião* (7 – 58% dos estudantes). Outra parte dos estudantes (5 – 34%)

apresentou as influências do contexto cultural e social da época como motivos de preferência, visto que *“Tais razões estão totalmente ligadas com a sociedade vigente da época. Todos os fatores que influenciam diretamente a sociedade implicam em validações e revalidações de teorias científicas”* (BERNARDES).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou analisar interpretações epistemológicas de estudantes de licenciatura em física, durante uma disciplina de graduação, sobre aspectos da natureza da ciência que envolvem o tema da Revolução Copernicana. Após a análise dos dados, percebemos que muitos dos professores em formação atribuem a aspectos empíricos e observacionais as causas determinantes da transição entre os modelos geocêntrico e heliocêntrico, apresentando argumentos ingênuos ou sofisticados. Poucos atribuíram aspectos sociais ou culturais como relevantes para essa transição. E ainda, muitos argumentaram serem crenças religiosas fundamentais para a escolha de um determinado modelo para o Sistema Solar.

Ao apresentar algumas interpretações de estudantes de um curso de licenciatura em Física e de filósofos da ciência acerca do episódio conhecido como Revolução Copernicana, observamos que não há um consenso epistemológico sobre os reais motivos que culminaram na transição entre os modelos geocêntrico e heliocêntrico do Sistema Solar. Dessa forma, defendemos uma formação pluralista e menos dogmática de professores de ciências, em que as interpretações epistemológicas devam ser problematizadas ao longo das disciplinas de graduação. Com isso, esperamos que este trabalho contribua para evidenciar algumas das concepções que professores de ciências frente ao episódio histórico abordado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAGDONAS, A. H; ZANETIC, J.; GURGEL, I. Críticas à visão consensual da natureza da ciência e a ausência de controvérsias na educação científica: o que é ciência, afinal? In.: **XIV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Maresias, São Paulo, 2012.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Editora 70, 1995.
- 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.
- CHALMERS, A. **O que é a ciência, afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.
- COPÉRNICO, N. **Commentariolus** - Pequeno comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes. Tradução e notas: Roberto A. Martins. São Paulo, Nova Stella, 1990.
- FEYERABEND, P. **Contra o método**. Editora UNESP, São Paulo, 2007.
- FOUREZ, G. **A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências**. São Paulo: Editora da UNESP, 1995.
- FRANCO, M.L.P.B. **Análise de conteúdo**. Brasília: Liberlivro, 2005.

GIROUX, H. **Os professores como intelectuais: rumo a uma pedagogia crítica da aprendizagem**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

IRZIK, G.; NOLA, R. A family resemblance approach to the nature of science for science education. **Science & Education**, v.20, p.591–607, 2011.

KUHN, T. **A revolução copernicana**. Lisboa: Edições 70, 1990.

_____. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1994.

LAUDAN, L. et al. Mudança científica: modelos filosóficos e pesquisa histórica. **Estudos Avançados**, 7, 19, p. 7-89, 1993.

LAKATOS, I. **História da ciência e suas reconstruções racionais e outros ensaios**. Tradução de Emília Mendes. Edições 70, Lisboa, Portugal, pp.176, 1998.

LEDERMAN, N. G. Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, v.29, n.4, 1992.

MARTINS, A. F. P. Natureza da ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, vol. 32 (3), pp.703-737, 2015.

MATTHEWS, M. História, Filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, vol. 12, n.3, p.164-214, 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.

McCOMAS, W.F. Seeking Historical Examples to Illustrate Key Aspects of the Nature of Science. **Science & Education**, 17(2–3), 249–263, 2008.

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). Faculdade de Educação, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. 1ed. Natal: EDURN, 2012.

PORRA, A. C.; SALES, N. L. L.; SILVA, C. C. Natureza da ciência: concepções de licenciandos em ciências exatas. In: **Anais do XIII EPEF**, Foz do Iguaçu, Paraná, 2011.

TIGNANELLI, H.; BENÉTREAU-DUPIN, Y. Perspectives of History and Philosophy on Teaching Astronomy. In: M. R. Matthews (Ed.), **International handbook of research in history, philosophy and science teaching** (pp. 630-640). Springer: Dordrecht, Heidelberg, New York, London, 2014.

TOSSATO, C. R. Incomensurabilidade, comparabilidade e objetividade. **Scientiae Studia (USP)**, v. 10, p. 489-504, 2012.