

O ensino de astronomia e a história e filosofia da ciência na visão de professores de astronomia de licenciaturas em física⁺*

*Leopoldo Gorges Neto*¹

Mestrando em Ciências pelo Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – USP

*Luiz Henrique Martins Arthur*¹

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina
Campus Jaraguá do Sul – SC

Resumo

Apresentamos neste trabalho os resultados de uma pesquisa que buscou traçar um panorama da disciplina de astronomia nas licenciaturas em física do sul do Brasil. A partir de uma pesquisa mais abrangente, neste trabalho concentramos a discussão na visão dos professores desses cursos a respeito da história e filosofia da ciência e sua prática docente na formação inicial de professores de física. Para alcançar esses professores, utilizamos dados da plataforma do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes de 2017 e identificamos vinte e oito instituições que possuem licenciatura em física com disciplinas de astronomia em sua matriz curricular. Por meio das respostas dos professores a um questionário, categorizamos algumas visões sobre a atividade científica e a prática desses professores junto aos licenciandos, identificando algumas visões inadequadas como a visão aproblemática e a visão empírico-indutivista, embora também tenhamos identificado falas positivas a esse respeito. Discutindo as respostas desses professores junto ao que vem sendo apontado no ensino de astronomia e ciências em geral, sugerimos que, por se tratar de uma temática que normalmente chama atenção dos alunos, devemos nos preocupar com possíveis visões inadequadas no ensino de astronomia, pois elas podem

⁺ The teaching of astronomy and the history and philosophy of science in the view of astronomy teachers in undergraduate physics courses

^{*} Recebido: 12 de maio de 2022.
Aceito: 19 de agosto de 2022.

¹ E-mails: leo.gorges@hotmail.com; luizarthur@gmail.com

se refletir na formação do professor de física e, conseqüentemente, em sua prática futura junto aos estudantes do ensino médio.

Palavras-chave: *Ensino de Astronomia; História e Filosofia da Ciência; Formação Inicial de Professores.*

Abstract

In this work, we present the results of a research that sought to outline the discipline of astronomy in physics degrees courses in southern Brazil. Based on a more comprehensive research, in this work we focus the discussion on the view of the teachers of these courses regarding the history and philosophy of science and their teaching practice in the initial training of physics teachers. To reach these teachers, we used data from the 2017 National Student Performance Exam platform and identified twenty-eight institutions that have a degree in physics course with astronomy subjects in their curriculum. Through the teachers' answers to a questionnaire, we categorized some views on the scientific activity and practice of these teachers with the undergraduates, identifying some inadequate views such as the unproblematic view and the empirical-inductivist view, although we have also identified positive statements in this regard. Discussing the responses of these professors along with what has been pointed out in the teaching of astronomy and science in general, we suggest that, as it is a topic that usually draws students' attention, we should be concerned about possible inadequate views in the teaching of astronomy, as they can be reflected in the formation of the physics teacher and, consequently, in their future practice with high school students.

Keywords: *Teaching Astronomy; History and Philosophy of Science; Initial Teacher Training.*

I. Introdução

O ensino formal de astronomia vem recebendo constantes e importantes contribuições em todos os níveis de ensino. Dentre as diferentes linhas de investigação, destacamos as que têm focado seus trabalhos no enfrentamento de concepções alternativas dos estudantes através de diferentes estratégias de ensino (SILVA; BISCH, 2020, COSTA, 2021), e as que procuram investigar o cenário em que se encontra a astronomia na educação formal (JUSTINIANO *et al.*, 2014, SIMÕES *et al.*, 2021).

Alguns autores apontam que a formação inicial dos professores carece de preocupações relativas ao ensino de astronomia, elencando este obstáculo como o principal motivo da escassez de abordagens adequadas no ensino fundamental (LEITE; HOSOUME, 2007; PACHECO; ZANELLA, 2019) e também no ensino médio (JUSTINIANO *et al.*, 2014, DIAS; RITA, 2008; COSTA *et al.*, 2016).

Neste cenário, é natural supor que parte das pesquisas com objetivos que envolvam o ensino de astronomia desenvolvidas em programas de pós-graduação sejam elaboradas com o intuito de aprimorar a formação inicial docente. Porém, Bretones e Megid Neto (2005) e, mais recentemente, Simões *et al.* (2021), verificaram que o ensino superior, dentre as etapas formativas, é o nível de ensino menos pesquisado. Segundo Simões *et al.* (2021), os pesquisadores têm se concentrado mais em temas voltados ao ensino médio. Apesar de considerarmos essencial preocupações nesse sentido, não podemos desatentar, claro, com a formação inicial dos professores, sendo o presente trabalho voltado a discussões nesse contexto.

A formação inicial docente é o ambiente mais profícuo para a estruturação de conceitos e fundamentos científicos e pedagógicos que o professor usará em sua futura prática, e sugerimos que é nesta etapa formativa onde podemos dirimir diversas concepções equivocadas que podem facilmente ser transmitidas pelo futuro professor, tanto em relação aos saberes específicos de astronomia (IACHEL; NARDI, 2009; GONZAGA; VOELZKE, 2011), quanto em relação à própria atividade científica (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001).

Neste estudo, apresentamos os resultados da terceira etapa de uma pesquisa com três frentes de investigação realizadas em etapas distintas, cuja intencionalidade foi traçar um panorama do ensino de astronomia nos cursos de licenciatura em física. Na primeira etapa, por meio de uma pesquisa bibliográfica (GORGES NETO; ARTHURY, 2021) promovemos uma discussão consonante com Langhi (2011) sobre a persistência de concepções alternativas na educação básica. Apontamos que, se o professor de física, em sua trajetória formativa (principalmente em sua formação inicial) não tiver contato com as discussões sobre astronomia, poderá levar suas possíveis concepções inadequadas para a educação básica. Também apontamos os problemas com a simples apresentação de conteúdos de astronomia sem cuidados epistemológicos, o que pode também contribuir com as visões inadequadas da atividade científica propagadas em sala de aula pelo futuro professor. A partir disso, propomos que a história e filosofia da ciência (HFC) no âmbito da astronomia, como uma ferramenta metodológica, pode ser uma estratégia auspiciosa na formação inicial dos professores de física para dirimir ou amenizar esses problemas.

Na segunda etapa, analisamos a disciplina de astronomia nos cursos de licenciatura em física do sul do Brasil através de uma pesquisa qualitativa e documental (GORGES NETO; ARTHURY, 2022). Para isso, realizamos um mapeamento desses cursos que possuem a disciplina de astronomia como componente em sua matriz curricular. Constatamos que praticamente metade dos professores de física que foram (ou estão sendo) formados nesses

cursos provavelmente não teve discussões abrangentes relativas à astronomia e seu ensino². Nesta etapa também investigamos os projetos pedagógicos desses cursos e levantamos os conteúdos mais presentes nas ementas das disciplinas de astronomia, e argumentamos que a astronomia deveria e poderia estar mais presente na formação inicial dos professores.

Na terceira e última etapa dessa pesquisa, concentramos nossa atenção nos professores de astronomia desses cursos de licenciatura em física. Diante de recomendações da literatura em relação a práticas de ensino subsidiadas por HFC (PEDUZZI, 2001; EL-HANI, 2006; SILVA; LABURÚ, 2010; SOUZA *et al.*, 2021), além de nossas considerações nas etapas anteriores sobre a HFC como estratégia metodológica para o ensino de astronomia, buscamos investigar e discutir a visão dos professores de astronomia sobre questões específicas da HFC no âmbito da astronomia e sua prática docente na formação inicial de professores de física, dialogando com trabalhos da literatura da área do ensino de física e ciências, especialmente os voltados para a temática de ensino de astronomia.

II. Metodologia

O presente estudo se caracteriza como uma pesquisa qualitativa em âmbito educacional. Duas características deste tipo de pesquisa, elencadas por Triviños (1987), esclarecem o seguimento do trabalho: (i) as etapas da pesquisa qualitativa não são estanques, isto é, podem se modificar de acordo com as interpretações dos dados adquiridos; (ii) é necessário um aprofundamento apropriado na literatura, de tal forma a propiciar subsídios para o pesquisador delinear novos caminhos a partir da coleta de informações.

Bogdan e Biklen (1994) apontam algumas características da pesquisa qualitativa, das quais destacamos as seguintes em relação à nossa presente investigação: a fonte direta de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal; é descritiva, ou seja, pretendemos abstrair narrativas do que é observado; os investigadores se interessam mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos; e o significado é de importância capital, e a ele pretendemos convergir as descrições feitas.

Diante disso, definimos como objetivo geral de nossa pesquisa investigar e discutir a visão dos professores de astronomia sobre HFC e sua prática docente na formação inicial de professores de física. Para tanto, contamos com os seguintes objetivos específicos: (i) identificar os professores de astronomia dos cursos de licenciatura em física do sul do Brasil; (ii) examinar como são trabalhados alguns conteúdos da astronomia na formação inicial dos professores de física; (iii) discutir as consequências de se trabalhar a astronomia na graduação, e sobretudo no ensino médio, sem os devidos cuidados epistemológicos; (iv) discutir, a partir das informações coletadas, possíveis relações entre abordagens históricas e

² Apesar de praticamente metade das licenciaturas em física pesquisados não possuírem a disciplina de astronomia como componente curricular, conteúdos de astronomia ainda podem ser discutidos em outras disciplinas.

filosóficas e visões menos distorcidas sobre a atividade científica e os próprios conceitos de astronomia.

Utilizamos a plataforma do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE), realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), para encontrar as instituições de ensino superior do sul do Brasil que possuem cursos de licenciatura em física³. Na sequência, buscamos por informações sobre estes cursos nos portais eletrônicos destas instituições. Encontrando seus Projetos Pedagógicos (PPCs), investigamos se os cursos de licenciatura em física possuíam disciplinas de astronomia/astrofísica em suas respectivas matrizes curriculares. Compilamos vinte e oito instituições que possuem o curso de licenciatura em física e que tem essas disciplinas em sua matriz curricular sendo ofertada de forma obrigatória ou eletiva⁴.

Desenvolvemos na sequência um questionário piloto na plataforma do *Google Forms* e encaminhamos a três pesquisadores da área de educação com trabalhos sobre concepções alternativas no ensino, e ensino da natureza da ciência. Como recomendado na academia (KAUARK *et al.*, 2010), essa etapa serviu para calibrarmos nosso instrumento de coleta, avaliando a clareza das questões em relação ao pretendido para cada uma. Após avaliarmos esse retorno, adequamos algumas questões e fizemos uma alteração na estrutura do questionário, separando-o em três blocos: 1) Dados gerais; 2) Ensino de astronomia; 3) Questões específicas.

De modo geral, o questionário teve por objetivo compreender como ocorre o ensino de astronomia nestas disciplinas, concentrando-se em questões discursivas (CHAGAS, 2000) sobre a formação inicial destes professores, sobre sua prática docente nesta disciplina e sobre questões específicas da astronomia com um viés histórico e filosófico.

O questionário foi enviado aos coordenadores dos cursos de licenciatura em física, solicitando sua colaboração para que o encaminhasse aos professores das disciplinas de astronomia/astrofísica. O quadro 1 apresenta o perfil acadêmico dos nove professores que nos retornaram, e o quadro 2 a seguir mostra as questões encaminhadas, juntamente com suas intencionalidades.

Quadro 1 – Perfil dos professores da disciplina de astronomia.

| Nome: | Formação: |
|-------------|--|
| Professor 1 | Licenciatura em Física (UFMG, 1997) Especialização em Ensino de Física (UFMG, 1998) Mestrado em Ensino de Ciências (UEL, 2011) |
| Professor 2 | Bacharelado em Física (UNESP, 2004) Mestrado em Astronomia (IAG-USP, 2006) Doutorado em Astronomia (IAG-USP, 2011). |

³ Como a última participação destes cursos no ENADE foi no ano de 2017, o levantamento desta pesquisa foi referente a este ano.

⁴ Para mais informações sobre esse levantamento, vide Gorges Neto e Arthur (2022).

| | |
|-------------|--|
| Professor 3 | Licenciatura em Física (UEM, 2004) Mestrado em Ensino de Ciências (UEL, 2007) Doutorado em Ensino de Ciências (UTFPR, 2018) |
| Professor 4 | Bacharelado em Física (USP, 2005) Mestrado em Astronomia (USP, 2008) Doutorado em Astronomia (USP, 2013) |
| Professor 5 | Licenciatura em Física (UEM, 1983) Mestrado em Física (UNICAMP, 1986) Doutorado em Educação (UNICAMP, 1991) Especialização em Educação Científica (Mashav, Israel, 1992) Pós-doutorado I em Educação Científica (La Sapienza, Italia, 1996) Pós-doutorado II (UNESP, Bauru, 2011) |
| Professor 6 | Bacharelado em Física (UNICAMP, 1990) Mestrado em Física (UNICAMP, 1992) Doutorado em Ciências (Física) (UNICAMP, 1996) Licenciatura em Física (IFRS-Farroupilha, 2019) |
| Professor 7 | Bacharelado em Física (UFPR, 1986) Mestrado em Física (UFPR, 1989) Doutorado em Astronomia (Observatório de Paris, 1993) |
| Professor 8 | Licenciatura em física (UDESC, 2003) Mestrado em física (UDESC, 2017) |
| Professor 9 | Bacharelado em Física (USP, 1990) Mestrado em Astronomia (USP, 1995) Doutorado em Astronomia (USP, 2001). |

Quadro 2 – Questões e objetivos.

| Bloco | Questões | Objetivo |
|-------|---|--|
| 1 | Nome: | Conhecer o perfil formativo desses professores e de sua prática |
| 1 | Formação, Instituição e ano de conclusão, tanto graduação como pós (se houver): | |
| 1 | Instituição onde atua: | |
| 1 | Disciplina(s) que leciona na licenciatura em física: | |
| 2 | Durante a sua graduação, você cursou alguma disciplina de astronomia/astrofísica? | Conhecer possíveis relações entre a formação inicial desses professores e sua prática |
| 2 | Nessa(s) disciplina(s), se for o caso, os conceitos/fenômenos discutidos e as atividades realizadas aproximavam-se de maneira específica apenas do campo de estudos da física, ou do ensino de física? | |
| 2 | Os conhecimentos sobre astronomia apresentados em sua graduação, se for o caso, exercem que influência em sua prática docente? | |
| 2 | Em sua prática na disciplina de astronomia, você utiliza algum tipo de contextualização para os temas trabalhados? Que vantagens ou desvantagens você acredita que essa contextualização pode ter no aprendizado de professores em formação? | Entender se os professores destas disciplinas consideram importante a contextualização dos conteúdos de astronomia em sua prática |
| 2 | A partir de diferentes formas possíveis de se trabalhar astronomia/astrofísica a fim de que esta possa proporcionar discussões sobre os processos sociais, culturais e históricos de produção de conhecimento científico, qual conceito/tópico ou assunto você acredita potencializar essas discussões e qual pode desviar-se dos seus objetivos pedagógicos? Você costuma realizar tais discussões quando ministra essa disciplina ou elas ocorrem em outro momento ou disciplina? | Verificar a visão dos professores sobre de que maneira o ensino de astronomia pode contribuir para uma compreensão mais adequada da atividade científica |

| | | |
|---|--|---|
| 2 | Em sua prática docente, você costuma promover observações astronômicas? Se não, quais motivos você apontaria para não realizar observações? Comente. | Identificar como ocorrem as observações astronômicas e as possíveis restrições de sua prática |
| 2 | Como você costuma avaliar os alunos na disciplina de astronomia? | Indicar como o professor trabalha as concepções dos seus alunos |
| 2 | Em suas práticas com os alunos você costuma trabalhar com artigos acadêmicos sobre o ensino de astronomia? Se for o caso, comente ou exemplifique como costuma trabalhar com esses artigos. | Saber se o professor está consonante com as pesquisas sobre o ensino de astronomia |
| 2 | Como você costuma agir didaticamente quando percebe que um aluno possui uma concepção alternativa inadequada em relação ao conhecimento científico consensual? | Saber se e como o professor trabalha as concepções alternativas de seus estudantes |
| 3 | Como você explicaria a um estudante da licenciatura o motivo dos astronautas "flutuarem" na estação espacial? Caso essa situação já tenha ocorrido, você pode aproveitar e comentar como reagiu e se atualmente faria algo de forma diferente. | Verificar como o professor trabalha este assunto devido ao amplo apontamento da literatura sobre a concepção de uma "gravidade zero" |
| 3 | Sabemos, pela mecânica newtoniana, que os corpos que orbitam o Sol não estão restritos a uma trajetória elíptica, diferentemente do que afirma a Primeira Lei de Kepler. No entanto, Newton procurou demonstrar como a Lei da Gravitação Universal pode ser induzida das Leis de Kepler. Sendo assim, é correto afirmar que as Leis de Kepler são apenas uma aproximação matemática do movimento planetário? Justifique. | Analisar a articulação do professor neste tema, pois o mesmo exibe características importantes sobre o desenvolvimento do conhecimento científico |
| 3 | Considerando o desenvolvimento histórico da Astronomia, como você entende a relação entre observação e teoria científica? Ou ainda: qual o papel da observação na atividade científica? | Compreender melhor os possíveis vieses epistemológicos dos professores |
| 3 | Como você acomoda as revoluções que ocorreram na ciência (revolução copernicana, transição da mecânica clássica para a quântica, por exemplo) com a ideia de uma explicação objetiva para a natureza? Ou ainda: como você justifica o pensamento científico como entendimento do mundo se tudo o que dispomos são explicações que podem ser substituídas por outras? | |
| 3 | Qual sua concepção cosmológica? (Universo em expansão ou universo estacionário?). Quais as razões para essa sua concepção? | |
| 3 | O que é uma teoria científica? | |

Para examinar e discutir suas respostas, desenvolvemos três categorias de análise apresentadas na próxima seção: (i) Perfil e a visão dos professores sobre sua formação inicial em astronomia, que teve como intuito conhecer o perfil formativo dos professores consultados e a possível relação de sua formação inicial com sua prática docente na disciplina de astronomia; (ii) Prática docente dos professores: elementos para o ensino de astronomia, onde discutimos, com base em pesquisas sobre o ensino de física e ciências, a prática destes professores nesta disciplina; e (iii) Posições epistemológicas dos professores de astronomia e sua visão sobre a HFC, articulamos preocupações referentes a formação de professores de ciências da natureza presentes na literatura com os discursos dos professores.

III. Resultados e discussões

III.1 Perfil e visão dos professores sobre sua formação inicial em astronomia

Como é possível ver no quadro 1, quatro dos nove professores de astronomia possuem como formação inicial o curso de licenciatura em física, sendo que os demais foram formados bacharéis. Ainda, o Professor 6 possui como formação inicial o bacharelado em física, mas concluiu também a licenciatura em física.

Quatro dos nove professores que participaram desta pesquisa possuem alguma especialização na temática da astronomia. Naturalmente isso não significa, claro, que os demais não estejam aptos a lecionar a disciplina, embora Justiniano et al. (2014, p. 100) comentem que “não parece possível ensinar astronomia com qualidade sem a participação dos astrônomos”.

O professor é quem detém prioritariamente as ferramentas necessárias para tornar o conhecimento científico mais popular, particularmente se estiver atento à dinâmica de transformação dos saberes e seu papel nesse processo (SIQUEIRA; PIETROCOLA, 2006). Na introdução desse trabalho apontamos que os conteúdos de astronomia, quando trabalhados objetivamente ainda na formação inicial do professor de física, podem possibilitar melhorias em sua prática futura na educação básica. Por isso perguntamos aos professores sobre sua visão em relação à sua própria formação inicial, e sua prática docente nos cursos de licenciatura em física. Dentre os nove professores questionados, quatro deles não cursaram nenhuma disciplina referente à astronomia na graduação, dois a tiveram como obrigatória, dois professores apenas como eletiva e um professor a teve como obrigatória e também como eletiva.

As duas questões seguintes foram destinadas aos professores que tiveram esta disciplina em sua graduação. Foi perguntado qual era a característica dessa disciplina, isto é, se a mesma se aproximava mais dos conceitos físicos da astronomia ou se já era pensada de forma a dialogar com o ensino da mesma. Com exceção do professor 1, que respondeu dizendo que os trabalhos na disciplina de astronomia em sua graduação eram articulados tanto no campo da física quanto no campo da divulgação científica, todos os demais professores disseram que esta disciplina era trabalhada com mais ênfase na física. Ainda, o professor 6 argumentou:

Conteúdo e organização do mesmo conteúdo sempre foi e será a parte mais importante de qualquer curso. Assim, me detive mais no campo de estudo da Física. Ensino de Física, como ensino em outras atividades humanas dependem fundamentalmente do INTERESSE de quem está obtendo esta informação. É importante uma boa didática, uma metodologia adequada, mas não é o principal. A evolução da sociedade humana comprova isso: há 50 anos atrás não havia carga pedagógica e de área de formação humana nos cursos, nem havia licenciatura em áreas como física ou química e eram formados físicos brilhantes e que transmitiam muito bem seus conhecimentos. Mas, a plateia tem que querer (Professor 6).

Concordamos que o interesse do estudante é fundamental para um aprendizado efetivo, em qualquer área. Contudo, e nisso talvez o professor não tenha se atentado ao sinalizar que a “plateia tem que querer”, lembramos que as discussões da área de ensino também chamam justamente a atenção para aspectos de motivação (LABURÚ, 2006, STUART, 2019), para que alcancemos mais estudantes bem formados, para além daqueles que o seriam de qualquer modo apesar do professor e não devido a ele.

Quando questionados sobre a influência da(s) disciplina(s) de astronomia em sua graduação, em sua prática como professor de astronomia, o Professor 4 relatou ser difícil fazer a separação entre o que o mesmo cursou na graduação e o que estudou em sua pós voltada para a astronomia. Por outro lado, obtivemos as seguintes respostas do Professor 1 e do Professor 9:

Sempre tive interesse na área de ensino, e a disciplina específica da graduação me influenciou um pouco. Fui mais influenciado a partir da participação em projetos e atividades de astronomia junto a outros professores da área de ensino durante a graduação e durante a especialização (Professor 1).

Apesar da busca por novas metodologias e por novos conhecimentos sobre astronomia, muitas vezes me vejo repassando metodologias e/ou conhecimentos similares daqueles da minha graduação. São influências extremamente positivas na minha prática docente, que mostra que boas práticas aprendidas, podem ser repassadas com nenhuma parcimônia (Professor 9).

O relato do Professor 9 parece convergir para a importância que a literatura deposita na formação inicial do professor (COSTA *et al.*, 2016), enquanto a resposta do Professor 1 aponta para a importância de atividades de apoio ao ensino (GARCIA *et al.*, 2010).

III.2 Prática docente dos professores: elementos para o ensino de astronomia

Entendendo a contextualização como o estabelecimento de relações que melhor significam os conceitos trabalhados, e a partir da noção de que contextualizações históricas podem favorecer o entendimento de conteúdos científicos (GORGES; ARTHURY, 2021), perguntamos aos professores sobre a importância delas no ensino de astronomia. No geral, os professores afirmaram que a contextualização auxilia no aprendizado de conteúdos específicos da astronomia, também motivando os estudantes. Algumas das respostas:

[...] uso questões relativas aos usos cotidianos que fizerem surgir a necessidade das observações astronômicas, por exemplo, e o fato dessa ciência estar bastante relacionada com o desenvolvimento da Física (Professor 1).

[...] A contextualização tem a vantagem de aproximar a Astronomia das vivências mais rotineiras dos estudantes, seja falando sobre o movimento do Sol, da Lua e das estrelas, algo observável a olho nu, seja mostrando que a Astronomia é uma ciência com a qual é possível discutir

questões CTSA [...] (Professor 2).

[...] A contextualização os ajuda a entender qual o problema a ser discutido, além da motivação do assunto (Professor 4).

Sempre tento contextualizar. E sempre tento mostrar o porquê. [...] Além disso, o interesse dos alunos aumenta visivelmente (Professor 6).

Costumo utilizar o contexto histórico dos conteúdos trabalhados e também a discussão sobre notícias atuais e acontecimentos relacionados à astronomia (Professor 8).

Sim. Tento contextualizar alguns temas específicos de Astronomia [...] (Professor 9).

Percebemos uma orientação positiva, no geral, sobre a contextualização, algo também apontado pela literatura como um componente importante para o ensino de ciências (SILVA; LABURÚ, 2010, GORGES; ARTHURY, 2021). Ao serem questionados em que temas e como realizam tais contextualizações na disciplina de astronomia, os professores comentaram:

Pra mim, na apresentação histórica da mudança do geocentrismo para o heliocentrismo é um momento oportuno para discutir os processos de produção de conhecimento científico. Outro momento foi quando discutimos a Energia Escura e a Matéria Escura, uma Física mais de fronteira e ainda não bem estabelecida. [Estas] discussões ocorrem durante a disciplina (Professor 2).

Sempre saliento o caráter histórico e instrumental da Astronomia, como ciência da comunicação social, pois para construí-la foram necessárias informações de diferentes lugares do planeta (Professor 5).

O tópico de Astronomia que mais permite "investigar" o contexto social é "Astronomia Antiente". Há que se tomar cuidado para abordar aspectos reais e observáveis dos sítios arqueológicos relativos à Astronomia. Evitar poluir com quaisquer aspectos ideológicos. Ater-se apenas à discussão científica. O legado deste tópico é a Astronomia atual com sua larga aplicação na evolução e bem estar da sociedade humana. Exemplo: a pesquisa espacial proporcionou a obtenção de satélites. Estes por sua vez são fundamentais nas telecomunicações (Professor 6).

Ultimamente têm surgido muitas discussões a respeito das empresas privadas que trabalham na exploração espacial. [Estas] discussões podem ocorrer durante as aulas ou em outros momentos (Professor 8).

O Professor 2 sugeriu a importância de trabalhar de forma contextualizada a mudança do geocentrismo para o heliocentrismo em relação aos processos de produção de conhecimento científico. Naturalmente, o simples uso desse termo demonstra uma familiaridade do professor com o tema, que consideramos muito importante para se trabalhar possíveis concepções inadequadas da atividade científica junto aos estudantes (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001).

O Professor 6 menciona a “astronomia anciente”. Lembramos que diferentes povos ancestrais catalogaram, de diferentes maneiras e com diferentes significados fenômenos percebidos no céu. As questões históricas e culturais nesse contexto são variadas, e as observações de Babilônios, Maias, Egípcios, Indianos, mostram que nossa relação com o céu sempre acompanhou a espécie humana. Apesar disso, o professor sugere se ater à “discussão científica” do tema.

O Professor 8 citou a exploração espacial, sugerindo que é um assunto recorrente em suas aulas. Concordamos que o interesse dos licenciandos sobre o tema pode propiciar a oportunidade de trabalhar aspectos sociopolíticos como, por exemplo, a ida do homem à Lua, a atual exploração em Marte e as novas investidas de empresas particulares no campo da exploração espacial.

Como Carl Sagan já tinha pontuado, “vivemos em uma sociedade extremamente dependente da ciência e tecnologia, na qual pouquíssimos sabem alguma coisa sobre ciência e tecnologia” (SAGAN, 1990, p. 263). Pensamos que esses tópicos contemporâneos devam estar presentes nas discussões em sala de aula, sendo que o professor deveria ter uma articulação mínima a esse respeito para, não apenas explorar didaticamente os assuntos, como também dirimir os problemas de entendimento muitas vezes ocasionados pela própria mídia e redes sociais.

Na sequência perguntamos aos professores sobre a promoção de observações astronômicas em sua prática. O Professor 7 levantou o problema em se contar com equipamentos de observação, sugerindo o desenvolvimento de atividades de construção desses equipamentos com os licenciandos:

Uma astronomia moderna precisa de equipamento, de método para compreender os dados, o equivalente das disciplinas de física experimental: medidas, dados, ajuste de função, obtenção dos parâmetros, compreensão. Infelizmente esbarra-se em dificuldades institucionais em conseguir equipamentos. A solução "temporária" é incitar os estudantes a fazerem seus próprios experimentos, mas ao mesmo tempo são limitados pelo tamanho do semestre (Professor 7).

Claro, sabemos que esta barreira não se encontra apenas nas disciplinas de astronomia das licenciaturas em física. Consideramos que a “solução temporária” trazida pelo professor representa uma boa oportunidade inclusive para articular diversos conhecimentos da própria física, sendo também uma oportunidade de o professor em formação se instrumentalizar com vista a sua própria prática no futuro. Os demais professores afirmaram realizar observações, sem ressalvas. Além disso, o Professor 3 enfatizou que as práticas observacionais podem fazer com que o estudante se interesse mais em aprender astronomia.

Na pergunta sobre a utilização de artigos sobre as pesquisas em ensino de astronomia em sua prática, encontramos respostas heterogêneas por parte dos professores. Os Professores 3, 4, 7 e 8 disseram que não utilizam artigos, sendo que o restante utiliza. O Professor 9 comenta:

Há vários artigos interessantes para atingir esse propósito. Eu trabalho dissecando literalmente o artigo para que não fique nenhuma dúvida sobre o assunto. Para tal, faço cópias do artigo e distribuo para grupos de alunos discutirem. Depois, fechamos um questionário para amarrar aqueles conceitos presentes no artigo. Confesso, que essa era uma prática do meu orientador de doutorado, que em sua disciplina dissecava vários artigos científicos também com esse propósito. Apenas repasso da mesma forma (Professor 9).

Apesar de ser uma escolha profissional por parte do professor, pensamos que a utilização de artigos, além de oferecer estratégias e conhecimentos a respeito do ensino de astronomia, pode incentivar os licenciandos a adquirir um hábito importante de atualização em seu campo. Ainda, o uso de artigos pode diversificar o conhecimento do licenciando e mesmo “corrigir” concepções equivocadas, para que sua futura prática em sala de aula seja mais consoante com os conhecimentos da área (GORGES; ARTHURY, 2021). Mas, naturalmente, cabe ao professor desenvolver esses conhecimentos junto aos alunos.

Ao serem questionados como costumam trabalhar quando seus estudantes apresentam alguma concepção alternativa inadequada, os professores também apresentaram posições distintas. O Professor 1, por exemplo, diz que as concepções alternativas são explicitamente tratadas na disciplina. O Professor 5 disse que utiliza a contra-argumentação. O Professor 4, o Professor 7 e o Professor 8 relatam:

Eu tento mostrar experiências que indicam porque o conceito do aluno está incorreto e como a interpretação dessa experiência leva à resposta aceita pela comunidade científica (Professor 4).

[...] A mesma discussão que fez uma determinada ideia cair pode ser usada. Por exemplo, o geocentrismo caiu não é por que a teoria heliocêntrica é correta mas sim por que as previsões (modelo) de longitudes dos planetas tinham um erro maior do que o das medidas. Todas as dificuldades dos estudantes seguem mais ou menos o mesmo caminho que a humanidade tem, só não deve levar 2000 anos para fazer o estudante compreender (Professor 7).

Aprofundando os aspectos da concepção apresentada buscando fazer com que o aluno perceba que em algum momento a concepção [dele] não possui fundamentação científica (Professor 8).

Estas respostas sugerem que esses professores buscam estratégias de ensino para uma mudança conceitual, isto é, que consideram necessário que o estudante abandone sua concepção quando apresentado ao conhecimento científico. Mortimer (1996) critica este modelo de substituição de conhecimento de origem construtivista e sugere a ideia de perfil conceitual, na qual as novas ideias adquiridas pelo estudante convivem com as ideias anteriores e são manifestadas a depender do contexto em que se está inserido. Sabemos que as concepções alternativas dos estudantes são concepções que podem ser difíceis de se modificar (MOREIRA, 2012), e é importante que as divergências entre essas concepções e o

conhecimento científico sejam trabalhadas na formação inicial dos professores. Não pensamos que no sentido de “abandonar um pelo outro” necessariamente, mas, ao menos, para se ponderar melhor sobre as razões de uma ou outra concepção (MILANI; ARTHURY, 2019).

O Professor 2 comentou:

Nunca me apareceu nenhuma concepção exageradamente absurda, como terraplanismo. Teve um estudante que dizia acreditar em horóscopo e outro que dizia não acreditar em Matéria Escura. Foram em aulas dialogadas e minha conduta foi mediar a discussão, dando a fala a cada um dos pontos de vista (Professor 2).

Promover uma discussão entre os alunos em sala de aula, devidamente mediada pelo professor, pode permitir que ele conheça concepções alternativas que podem estar sendo reprimidas pelo estudante. Ainda, discussões como essa podem inclusive fazer parte das estratégias metodológicas do professor, utilizando-se da “instrução pelos colegas”, metodologia que visa, juntamente com outras atividades, “promover a aprendizagem de conceitos fundamentais dos conteúdos em estudo através da interação entre os estudantes” (ARAUJO; MAZUR, 2013, p. 367).

Os Professores 3, 6 e 9 parecem demonstrar um objetivo de aprendizagem coerente com a noção de perfil conceitual, que, como já comentamos, consideram a concepção do estudante como um conjunto de ideias que podem ser adequadas quando aplicadas em diferentes contextos (MORTIMER, 1996):

Procuro discutir, chamando a atenção para as questões problemáticas da visão alternativa, porém tenho respeito porque aquilo faz muito sentido para o sujeito, assim convido ele a pensar em outras coisas que vão além ou contra o que ele pensa (Professor 3).

[...] Tentaria mostrar via cálculos, documentários referenciados e artigos acadêmicos sobre a impossibilidade de tal fenômeno. Mas jamais seria inquisidor. Os indivíduos precisam evoluir por seus próprios meios. Um curso acadêmico é um facilitador e não o "tribunal da Inquisição" (Professor 6).

Se for por crença religiosa, tento me dirigir ao aluno cuidadosamente, mostrando um outro olhar para esses conceitos, sem agredir suas crenças. Se for por fake news aí é mais fácil o convencimento, pois tem várias formas de mostrar experimentalmente para o aluno que a Terra, por exemplo, não é plana (Professor 9).

Estendendo a questão com um exemplo, exploramos na sequência a concepção de que os astronautas da estação espacial “flutuam” devido à falta de gravidade naquele ambiente, concepção bastante recorrente entre os estudantes (BACCON *et al.*, 2016). Sabemos que uma simples articulação algébrica da Lei da Gravitação Universal de Newton mostra que, apesar da aceleração gravitacional na altura da órbita média da estação espacial

ser menor que a na superfície da Terra, a gravidade ali ainda está presente com uma intensidade próxima a da superfície, e o movimento orbital de queda livre é que é responsável pelo fenômeno da imponderabilidade (GORGES NETO *et al.*, 2022).

Podemos entender os motivos de, mesmo depois de serem apresentados ao conhecimento científico, alguns estudantes persistirem em manter as suas concepções alternativas, uma vez que podem ser mais significativas ao sujeito. Langhi (2011), por exemplo, sugere que essas concepções são oriundas de etapas formativas anteriores, sendo possível também advirem de mitos e crenças, ou também da própria infância dos estudantes. De todo modo, mesmo que se trabalhe sob o conceito de perfil conceitual, daí reside a importância do professor articular discussões que promovam (ou ao menos permitam) uma superação de concepções inadequadas.

Continuando, ao questionar os professores sobre como os mesmos explicam ou explicariam os motivos de os astronautas flutuarem na estação espacial, podemos elencar as seguintes respostas interessantes para a discussão:

Este é um tema que abordo explicitamente, em função da ideia errônea comumente compartilhada de que "flutuam porque não há gravidade"... Faço uso de modelos didáticos e das leis da mecânica aplicada aos movimentos curvilíneos para argumentar que a força gravitacional, não apenas existe, como é necessária para explicar o movimento em órbita em torno da Terra... e também uso a ideia de "estar sempre caindo junto com a estação espacial na mesma órbita". Uso o clássico desenho de Newton também (como colocar um corpo em órbita) (Professor 1).

Eu talvez usasse a experiência mental clássica do Einstein, sobre a queda livre dentro de um elevador. Essa pergunta nunca me foi feita. Por outro lado, eu confesso nunca ter pensado em respostas pra essa pergunta e nem me lembrava exatamente que o motivo da flutuação era queda livre. Então, se me perguntassem na hora, seria bem capaz que eu desse a explicação errada (gravidade mais fraca no espaço), mas eu ficaria na dúvida se era essa mesma a real explicação e iria pesquisar depois a resposta correta. Uma vez checado isso, eu provavelmente usaria a experiência mental clássica do Einstein (Professor 4).

Sempre uso questionários para avaliar concepções alternativas e esta é uma das primeiras questões. 90% acreditam porque não há gravidade! Aí uso a história da ciência galileana até chegar na compreensão da imponderabilidade (Professor 5).

[...] Essa situação não ocorreu, eu provoco ela. [...] Esse exemplo permite (e eu faço isso) a obtenção da aceleração centrípeta usando cálculo de limites e derivadas, sem gambiarra e sem decoreba. Observei que os alunos curtem muito [...] (Professor 6).

[...] Isto é Física Básica I, simples, mas... é um impacto! O estudante leva um tempo para digerir pois os "preconceitos" estão muito arraigados e a tendência é não querer acreditar. Aqueles que compreendem você pode ver no rosto no instante que compreendem: o movimento dos olhos "brilha" (Professor 7).

Ainda, o Professor 2 relatou trabalhar esse assunto na disciplina de Física Geral I. O Professor 3 explicaria conforme a definição de imponderabilidade. E o Professor 8 relatou sugerir vídeos com aviões em voo parabólico.

Com esses relatos, vemos que a forma como os professores abordam o tema é bastante dependente de sua experiência profissional. Os professores 1, 6 e 9 parecem recorrer às interpretações físicas do fenômeno, enquanto o professor 5 recorre à história da ciência. O que gostaríamos de destacar, e também de acordo com o Professor 1 e o Professor 5, é que o conceito de ausência de gravidade é uma concepção recorrente entre os estudantes. Desta forma, pensamos que se a questão da imponderabilidade não for explicitamente atacada em algum momento da formação inicial do professor de física, o mesmo pode facilmente levar esta concepção para sua prática na educação básica.

A disciplina de astronomia pode ser o espaço ideal para discutir tal concepção, no entanto não é o único, claro. Como comentado pelo professor 7, os conteúdos trabalhados em Física Básica ou Geral já são suficientes para que o estudante compreenda este fenômeno. O importante é apresentar essas discussões ao professor em sua formação inicial.

Como último ponto desta subseção, os professores de astronomia foram questionados sobre a forma como avaliam seus alunos. Novamente, tivemos respostas variadas:

Através da participação em atividades de observação, atividades práticas com construção de modelos didáticos, seminários e resolução de problemas (Professor 1).

Por meio de trabalhos voltados para o ensino de astronomia e provas sobre o conteúdo teórico (Professor 3).

Por meio de trabalhos, questionários e de apresentações de temas. Neste semestre, os discentes devem preparar uma aula e apresentá-la para a turma (Professor 4).

Listas de exercícios, Seminários, debates sobre filmes e documentários (levo em conta a participação/interação), atividades práticas como construção de calendários estelares, etc. (Professor 6).

As turmas em geral são pequenas então é possível fazer atividades avaliativas curtas. Podem envolver cálculos, conceitos, discussões em sala e atividades práticas de manuseio do telescópio (Professor 8).

A avaliação dá-se através de prova escrita sobre os tópicos abordados e seminários sobre temas específicos (Professor 9).

Além dos propósitos imediatos de se avaliar o desenvolvimento do aluno, naturalmente também se pode aproveitar as avaliações para identificar concepções alternativas que podem ser posteriormente confrontadas didaticamente. Os Professores 1, 4, 6 e 9 mencionaram também avaliar por seminários, o que, a depender das estratégias do professor, pode permitir um retorno ainda mais imediato daquelas confrontações.

III.3 Posições epistemológicas dos professores de astronomia e sua visão sobre a HFC

Como mencionamos na introdução deste trabalho, as concepções alternativas não se referem apenas aos conteúdos específicos (de astronomia, no nosso caso), mas também à própria atividade científica. Isto é, ressaltamos que, enquanto temos preocupações referentes ao ensino dos conteúdos de astronomia, devemos ter o mesmo grau de preocupação com as questões sobre a própria atividade científica, pois ambas concepções equivocadas podem ser repassadas ao professor em formação e, conseqüentemente, aos alunos do ensino médio. Por isso sondamos também a visão dos professores de astronomia a esse respeito, por meio de algumas questões sobre episódios específicos da história da astronomia e o desenvolvimento da ciência em geral.

Perguntamos aos professores sobre o movimento planetário na ótica das Leis de Kepler e da Lei da Gravitação Universal, indagando retoricamente se é possível afirmar que as Leis de Kepler são apenas uma aproximação matemática do movimento planetário. Sabemos que Johannes Kepler, no séc. XVII, procurou um modelo descritivo para os movimentos dos planetas, chegando em um modelo heliocêntrico (já proposto por Aristarco e Copérnico) aperfeiçoado e testado (confrontado) por meio das observações do astônomo Tycho Brahe (PRAXEDES; PEDUZZI, 2009). Na sequência, Isaac Newton, ao desenvolver a Lei da Gravitação Universal, procurou mostrar que esta poderia ser induzida a partir das Leis de Kepler, sendo que demonstrações correlatas podem ser encontradas inclusive em livros didáticos⁵. No entanto, isso é um equívoco epistemológico:

A lei da gravitação universal não pode ser logicamente derivada das leis de Kepler simplesmente porque ela contradiz, corrige as mesmas; a primeira lei de Kepler afirmava que as órbitas planetárias eram elipses, e a teoria de Newton permitiu demonstrar que as mesmas não são rigorosamente elipses (são aproximadamente elipses); adicionalmente Kepler afirmara que os cometas descreviam trajetórias retilíneas e a teoria de Newton predisse trajetórias aproximadamente elípticas, parabólicas ou hiperbólicas para eles. Predições da mecânica newtoniana foram surpreendentemente corroboradas (algumas após a morte de Newton, como a do retorno do cometa previsto por Halley - o cometa Halley). Ora, se existisse a lógica indutiva, o mínimo que deveria ocorrer nas induções das leis a partir dos fatos é que as leis não contraditassem estes mesmos fatos (SILVEIRA, 1996, p. 203).

Assim, vemos que essa discussão pode ser esclarecedora de algumas posições epistemológicas dos professores. Algumas respostas dos professores de astronomia indicam uma visão indutivista da ciência:

Kepler determinou suas leis a partir da observação minuciosa (de Tycho Brahe) das posições de alguns planetas... Talvez poderíamos chamar suas leis de "empíricas" e específicas para o

⁵ Ver, por exemplo, Nussenzveig, 2013, p. 198.

fenômeno observado. Já Newton sedimentou uma visão mecânica de mundo com leis gerais, muito mais amplas, das quais pode-se deduzir as leis de Kepler... (Professor 1).

A trajetória elíptica é uma das soluções possíveis da Lei da Gravitação de Newton no problema de dois corpos. Entretanto, há as trajetórias parabólicas e hiperbólicas. Tais trajetórias irão depender da energia total do sistema de dois corpos. Pode haver perturbações graças a interação de um terceiro corpo (a descoberta de Netuno, por exemplo, que causa perturbações em Urano). Eu acho que tem que deixar muito claro que, em primeira ordem, as trajetórias são elípticas devido à interação planeta-Sol, mas perturbações são possíveis (Professor 4).

De fato as Leis de Kepler são caso particular da Gravitação Newtoniana. E isso é demonstrável. Eu faço isso para os alunos em sala. As Leis de Kepler não são aproximações matemáticas. Kepler usou um vasto banco de dados EXPERIMENTAIS de Tycho Brahe e suas próprias medidas para chegar a conclusão da excentricidade das órbitas, do fato de serem elípticas. Além disso, Kepler estava trabalhando com os planetas. Na época em questão não haviam sido registradas órbitas parabólicas e hiperbólicas ainda. Isto só viria a acontecer em meados de 1800. E órbitas circulares, embora possíveis teoricamente não foram observadas dado o grande número de perturbações nos corpos celestes, esse fato também desconhecido à época (Professor 6).

[...] Sim são uma aproximação e não são somente. Elas descrevem a trajetória que o corpo assume e portanto descobrimos qual é a força que atua sobre o corpo (função da distância). São adequadas para obtermos a Lei da Gravitação que conhecemos, mas sabemos que não existem somente dois corpos pontuais interagindo, portanto para corpos reais, para muitos corpos devemos extrapolar (integrar) para obtermos o que queremos. Nenhuma órbita é elíptica, mas podemos definir uma elipse local, instantânea, assintótica (Professor 7).

Não diria que são uma aproximação, mas sim um dos casos da lei da Gravitação. Como Kepler verificou sua teoria utilizando as tabelas de observação de objetos conhecidos e nessas tabelas não existiam objetos com trajetórias parabólicas ou hiperbólicas, ele acabou convergindo somente para as órbitas elípticas (Professor 8).

Em uma visão indutivista, a Lei da Gravitação Universal teria sido induzida das Leis de Kepler (e essas, por sua vez, das observações de Brahe), sendo que o próprio Newton afirmou que não inventava hipóteses e que a sua teoria havia sido obtida dos fatos (SILVEIRA, 1996). Considerando uma órbita planetária circular, vemos que a segunda Lei de Kepler implica em um movimento uniforme. A partir daí, utilizando-se o conceito de aceleração centrípeta e os princípios fundamentais da dinâmica newtoniana, pode-se “chegar” à Lei da Gravitação Universal. Este exercício é algebricamente possível. Mas é algo que só pode ser feito a posteriori, uma vez que a gravitação newtoniana é uma teoria que abarca diversos elementos não presentes na situação kepleriana e que não podem ser obtidas dela. Kepler não tinha como incorporar noções sobre ação e reação, assim como órbitas parabólicas ou hiperbólicas, e a relação de proporcionalidade da interação entre os corpos e suas massas,

pois são atributos do contexto newtoniano. Da mesma forma, “deduzir” as Leis de Kepler da Gravitação Universal incorre nos mesmos problemas epistemológicos.

Vemos assim que algumas respostas dos professores podem sugerir visões apromblemáticas e ahistóricas da ciência (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001): os problemas que Newton enfrentou para desenvolver seu trabalho foram diferentes dos de Kepler.

Consideramos a resposta do Professor 2 mais adequada a esse respeito:

“Apenas uma aproximação” me parece ser uma expressão reducionista que não abarca toda a complexidade da questão. Constitui, de fato, uma aproximação matemática que pode ser mais ou menos precisa de acordo com a situação. Mas também não representa somente isso, pois há diferentes tipos de aproximações matemáticas, com algumas delas representando equações empíricas sem uma base conceitual que a ampare. No caso das Leis de Kepler, elas carregam significados conceituais que, ainda que perenes, moldam concepções de mundo e com implicações epistemológicas (Professor 2).

Destarte, buscamos investigar a visão dos professores sobre o papel da observação e da experimentação na atividade científica. Uma concepção bastante comum, encontrada mesmo entre professores de ciências, é a visão empirico-indutivista e ateórica que sugere que a atividade científica se origina diretamente da observação/experimentação, dispensando o papel das hipóteses e teorias como orientadoras da investigação (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001). Mas, conforme apontam Silveira e Peduzzi (2006, p. 47), a produção do conhecimento científico “não pode ser entendida através da *epistemologia empirista* (apesar dos livros-texto e muitos cientistas assim acreditarem) e não pode ser descrita como consequência da aplicação de um *método científico* que começa com resultados observacionais/experimentais”.

Os Professores comentaram:

Penso que teorias/modelos científicos e observação/experimentação são processos que dialogam o tempo todo na atividade científica de maneira multifacetada e complexa. Evito abordagens muito simplistas tais como "a teoria sai diretamente da observação", por exemplo... muitas vezes a observação é guiada por alguma teoria... os processos de teorização e observação/experimentação são interativos e indispensáveis na atividade científica (Professor 1).

Vejo como uma relação de complementariedade. A observação sendo essencial para o provimento de informações e corroboração (ou não) de novas ideias (Professor 2).

O "olhar" é condicionado pela forma pré-reflexiva de compreender o mundo: "theory-laden"... o mundo é carregado de teoria e isto condiciona o olhar (Professor 5).

Uma teoria não vale de nada se não puder ser testada. Dados experimentais não são nada se não pudermos compreendê-los. Observação/Experimentação são indissociáveis da construção, da exploração de uma teoria. A teoria é fundamental para compreender e podermos explorar um fenômeno físico/astronômico (Professor 7).

Apesar da resposta do Professor 1 na questão anterior sugerir uma possível visão empirico-indutivista da atividade científica (*Kepler determinou suas leis a partir da observação minuciosa (de Tycho Brahe) das posições de alguns planetas...*), esta presente colocação do Professor 1 sugere uma visão mais sofisticada da atividade científica, assim como as respostas dos professores 2, 5 e 7. O Professor 2 parece sugerir ainda uma posição falsificacionista, conforme Popper (SILVEIRA, 1996).

Os Professores 3 e 4 sugerem que os modelos astronômicos do passado tinham uma relação mais direta com as observações:

Muito importante. Observação e teorias criam os modelos. Os primeiros modelos astronômicos eram muito apegados à observação. Atualmente, os modelos extrapolam a observação, dando pistas do que ocorreu no passado e do que ocorrerá no futuro, como modelo do Big Bang, da evolução do sistema solar, da evolução estelar, etc (Professor 3).

Do ponto de vista da astronomia grega, as explicações para os movimentos dos objetos no céu tinham que ser dadas a partir das formas perfeitas e em MCU. Não eram teorias desenvolvidas a partir da observação propriamente dita, o que foi feito posteriormente por Galileu e por Kepler. Hoje em dia, embora as teorias vigentes na Astronomia sejam baseadas em observações feitas ao longo de muitos anos, as observações recentes são realizadas para resolver problemas bastante específicos da área (por exemplo, os problemas relacionados à formação e evolução de galáxias, de grandes estruturas como aglomerados de galáxias, etc) (Professor 4).

As pessoas com maior familiaridade com discussões sobre astronomia certamente já ouviram a expressão “o céu é o laboratório do astrônomo”. Concordamos em certa medida, mas lembremos que atualmente é notória a ampla estrutura computacional necessária para estudar o cosmos. Muitas pesquisas são conduzidas sem que o astrônomo sequer coloque o olho numa ocular. Mas isso não significa que ele esteja mais distante da natureza em relação aos observadores do passado, que também tinham seus “algoritmos”: nós podemos usar CCD’s e programas específicos, os antigos gregos tinham epiciclos e visões de mundo (assim como nós, claro). Ou seja, com as devidas possibilidades de cada época, as relações complexas entre sujeito e objeto sempre se fizeram presente, e principalmente nos dias de hoje pensamos ser importante se ter comedimento em relação ao que se pode concluir a partir de “dados puros”. Nunca no sentido de relativizar ou diminuir o pensamento científico, mas justamente no sentido de se ter consciência da complexidade do processo de entendimento do mundo (SILVEIRA; PEDUZZI, 2006).

Outras respostas:

[...] Via de regra, a Física é uma área do conhecimento muito sólida, baseada firmemente em EXPERIMENTOS. A observação repetida de um fenômeno aliada à metodologia científica leva à formação de uma Teoria Científica [...] (Professor 6).

A observação (pode ser um experimento mental) indica os aspectos que devem [ser]

abordados por uma teoria científica. E a teoria deve estar de acordo com as observações feitas (Professor 8).

Depois de Galileu, não há mais volta. Sem a confirmação ou respaldo observacional, estaríamos regredindo para o tempo da inquisição, aceitando todos os dogmas estabelecidos. A observação de um determinado fenômeno, sua reprodutibilidade e a aplicação de um método científico é de fundamental importância para a validação de teorias científicas. Não dá para desvincular teoria e prática (Professor 9).

A resposta do Professor 6 sugere uma posição mais empírico-indutivista e também rígida sobre a metodologia científica (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001), parecendo colocar a experiência/observação como ponto de partida de uma teoria científica, juntamente com a aplicação de um “método científico”. As respostas dos professores 8 e 9 podem sugerir algo semelhante, talvez em menor grau.

Questionamos na sequência os professores sobre sua visão em relação às revoluções que ocorreram na ciência como, por exemplo, a revolução copernicana e a transição da mecânica clássica para a quântica. Na mesma questão, perguntamos sobre sua visão a respeito da justificação da ciência, se as explicações que temos podem ser substituídas por outras. Algumas respostas:

As explicações podem ser substituídas por outras dentro de um processo de investigação racional e criterioso... devemos estar abertos a isso... o problema é usar discursos de relativização extrema, como se, a qualquer momento, tudo pudesse ser explicado de outra forma, levando a um descrédito na ciência por parte da população... mudanças ocorreram e continuarão ocorrendo, isso é parte inevitável de um conhecimento que é construído com seriedade e sem dogmatismo... Quem acredita em "verdade absoluta" é que entra em crise com isso... Tenho uma visão mais construtiva do conhecimento... A mudança da física clássica para a física quântica, por exemplo, não "jogou fora" a física clássica, apenas a reperspectivou dentro de um quadro mais amplo do conhecimento físico (Professor 1).

Uma pergunta que costumam me fazer quando falo alguma coisa sobre Relatividade é por que ensinamos a teoria "errada" do Newton, se Einstein já a teria superado. Costumo responder que a teoria do Newton não está "errada", mas que, assim como a Relatividade, é um modelo com uma capacidade de aplicação (não somente tecnológica, mas também em seu arcabouço preditivo e com suas implicações filosóficas) que depende do contexto. Explico então que é possível enviar o homem para a Lua somente utilizando a Mecânica Clássica, mas que seria impossível viajar a um outro sistema planetário que não o Solar sem a Relatividade (Professor 2).

O que se deve compreender é que se uma teoria (dados experimentais fitando a teoria) não puder ser questionada em sua validade por meio de medidas que desacordam a teoria, ela continuará e não será substituída. Uma teoria somente será trocada quando esta esbarrar em problemas

(experimentais e/ou teóricos) e se a que a substituirá for capaz de ser mais eficiente nestas questões [...] (Professor 7).

O desenvolvimento da humanidade desde sempre ocorreu com a busca de solução de problemas atuais e os problemas atuais são diferentes em cada tempo. O pensamento científico não precisa ter sempre teorias corretas, basta uma teoria que possa ser testada e contestada. A evolução do pensamento científico ocorre justamente da divergência de ideias (Professor 8).

A visão acumulativa de crescimento linear é outra visão deformada da atividade científica encontrada em professores, que ignora as crises e as reformulações presentes no desenvolvimento científico (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001). Mas se nos distanciarmos frontalmente de qualquer progresso, então também teremos problemas com possíveis relativismos (ARTHURY, 2021). Nossa intenção com essa questão foi justamente averiguar a posição dos professores nesse espectro. Felizmente as respostas dos professores não indicaram ignorar as crises e rupturas na história da ciência, sem ainda incorrer em explicações efêmeras.

Os professores demonstraram ainda boa articulação quanto à substituição de teorias, mostrando elementos presentes na epistemologia de Lakatos, por exemplo (CHALMERS, 1993). Ao final de sua resposta, o Professor 1 tratou a física quântica como mais progressiva do que a física clássica; o Professor 2 apresenta as limitações das teorias e diz que, em outras palavras, a teoria tida como regressiva não necessariamente é “jogada fora”; o Professor 7 faz menção às anomalias observacionais/experimentais que podem aparecer numa teoria, e como a comunidade científica costuma agir nessa situação.

O Professor 8 traz uma visão que considera os desafios de cada época, mencionando as divergências de ideias como motores do pensamento científico. Essa visão parece se aproximar da filosofia de Gaston Bachelard, quanto à concepção de conhecimento científico como um processo contínuo de retificação dos erros, movido pela superação de obstáculos epistemológicos (FONSECA, 2008).

Na penúltima e seguinte questão os professores foram perguntados sobre sua concepção cosmológica e sobre quais as razões de adotarem tal concepção. Esta pergunta teve como intuito averiguar possíveis elementos adicionais a respeito de suas visões epistemológicas. Algumas respostas:

Universo em expansão... não sou especialista no tema e portanto ainda estou aprendendo sobre isso... (Professor 1).

Universo em Expansão. Basicamente reproduzo o que diz o cânone, como o afastamento das galáxias, radiação cósmica de fundo, etc. (Professor 2).

Desde a descoberta da expansão acelerada do Universo usando as supernovas (trabalhos de 1998), é bem aceito na comunidade científica que nosso Universo (em larga escala) possui uma geometria euclideana e é dominado por energia escura (~ 71 %), seguido por matéria escura (~ 24 %) e matéria bariônica + radiação (~ 5 %). Na pós-graduação, eu fiz disciplinas de cosmologia e de

estruturas em larga escala no Universo, inclusive com estudos para determinar a quantidade de energia em cada uma das componentes (Professor 4).

Os professores 1 e 2 não forneceram maiores justificativas para entendermos suas visões a respeito, enquanto o Professor 4 mostrou conhecer mais a temática, ainda que também não tenha apresentado maiores justificativas.

Os professores 5, 6 e 7 comentaram:

Sou Brunista (sigo o que nos ensinou Giordano Bruno): universo infinito no espaço-tempo. Tenho escrito há muitas décadas sobre isso com dois grandes pesquisadores no Brasil. As razões são: redshift não deve ser compreendido como efeito Doppler, mas como um enfraquecimento da energia dos fótons em seu longo caminho intergaláctico, como acreditava De Broglie; as estimativas da temperatura do espaço foram muito mais precisas por aqueles que não acreditavam em universo expansivo que os BigBanguistas (isso está bem historiado em vários de meus trabalhos); curva de rotação das galáxias: bestagem imporem matéria escura (provavelmente alguma interação tipo MOND). Finalmente, [Big Bang] é muito cristã... mito besta da criação (Professor 5).

Expansão. Sou ateu. Mas não condeno os religiosos, eu os respeito (Professor 6).

[...] Publicamente vou falar sobre o modelo padrão, para meus estudantes vou discursar algo mais além. Não se preocupe expansão/estacionário é muito superficial. Os dados dizem o que? (Professor 7).

Em 1929, Edwin Hubble apresentou uma relação linear entre as velocidades e as distâncias de galáxias⁶, obtendo a hoje conhecida Lei de Hubble. Para obter esta lei, Hubble associou os desvios para o vermelho (*redshift*) destas galáxias com sua velocidade de afastamento⁷. A teoria da luz cansada, ou o enfraquecimento da energia dos fótons, como colocou o Professor 5, é uma alternativa apresentada inicialmente por Fritz Zwicky, astrônomo Búlgaro, às ideias de expansão do universo apresentadas na década de 1930. Zwicky propôs a hipótese de que a luz, ao viajar de uma fonte distante, progressivamente vai perdendo sua energia (SOARES, 2021).

Importante lembrar que Einstein já tinha se deparado com a possibilidade de um universo em expansão em sua Teoria da Relatividade Geral em 1915, apesar de a ter recusado inicialmente (SODRÉ, 2010). O trabalho de Hubble, assim como as ponderações de outros cosmólogos à época, acabou fazendo Einstein rever sua posição, e desde então temos um

⁶ Conhecidas à época como “universos-ilhas”. A visão atual que temos de galáxias ainda estava se estabelecendo.

⁷ Como pode ser visto no trabalho de Bagdonas *et al.*, (2017), é atribuído a Hubble o descobrimento de um Universo em expansão. No entanto, Hubble demonstrou muita cautela ao apresentar seus dados, e também demonstrava preferência com a ideia de um universo estático. Como indicam estes autores: “Hubble apresentou sua contribuição como sendo a de ter criado métodos mais convincentes para medir as distâncias das nebulosas [e] sem dúvida, contribuiu muito para a aceitação da teoria da expansão do universo, apesar de jamais ter se manifestado publicamente em sua defesa” (BAGDONAS *et al.*, 2017, p. 03).

relativo consenso a respeito de um universo em expansão, com pelo menos seis prêmios Nobel concedidos a trabalhos nesse contexto (ARTHURY; PEDUZZI, 2015). Mas existem pesquisas sérias que lidam com um possível universo estático ou estacionário, e interessantemente o Professor 5 parece ser um pesquisador da área e adepto dessa visão estacionária, defendida antes por cosmólogos como Fred Hoyle e Halton Arp (ARTHURY; PEDUZZI, 2015).

Curiosamente, o Professor 5 e o Professor 6 parecem relacionar esse tema com a religião cristã, mesmo estando em situações opostas (expansão ou estacionário). Esta posição pode estar relacionada à própria característica da teoria, que lida com possíveis momentos de início, e também com os personagens que participaram de seu desenvolvimento. O cosmólogo belga Georges Lemaitre, por exemplo, que propôs a primeira teoria de um universo em expansão no início da década de 1920 (BAGDONAS *et al.*, 2017), era também um padre católico, e isso pode ter influenciado a aceitação (ou não) de suas ideias junto a grupos de mesma visão.

Como última questão, os professores foram indagados sobre a sua concepção a respeito do que é uma teoria científica. Novamente, nossa intenção foi possibilitar novos indícios acerca de sua posição a respeito da atividade científica. As respostas:

[...] Na minha humilde opinião, uma teoria científica se compõe de modelos descritivos-explicativos-preditivos construídos pelo ser humano como tentativas de compreensão da natureza ou parte dela. Tentativa essa constituída de valores não dogmáticos e abertos a mudança, e com determinados critérios de validação/aceitação estabelecidos pela comunidade científica, tais como adequação empírica, possibilidade de refutação, coerência com outros modelos e teorias bem estabelecidas, etc (Professor 1).

Uma compreensão de mundo bem alicerçada numa ideia original, indicando caminhos de perscrutação da Natureza e com resultados que podem alicerça-la. A proposição de testes é fundamental, mas devido ao "theory-laden", o ver é condicionado por aquilo que deve ser visto. Mas sempre de um ponto de vista epistemológico [...] (Professor 5).

Uma teoria científica (modelo teórico) deve fornecer algumas previsões sobre determinados problemas físicos. Além disso, uma teoria científica deve ser submetida a um método científico ou estudada experimentalmente a fim de verificarmos se as suas previsões se confirmam ou não (Professor 9).

Uma teoria científica é um sistema que organiza dados sistematizados e prevê a possibilidade de novos dados. Deve ser passível de crítica objetiva e embora seja uma criação humana, deve buscar a maior objetividade possível (Professor 3).

Uma Teoria Científica seria um conjunto de Leis (empíricas) experimentais que registram regularidades e comportamentos existentes em sistemas e/ou objetos observados. Essa teoria científica suportada por leis deve permitir explicações de forma racional (Professor 6).

O dicionário diria que é "um conjunto de verdades dadas em um período do tempo." Uma teoria científica é uma ideia que ajusta dados experimentais dentro das incertezas de medida. Fugiu disto... Ops descobri alguma coisa nova (Professor 7).

Uma proposta de explicação sobre determinado assunto. Essa proposta deve ser testada e replicada e aprovada para que a teoria seja aceita (Professor 8).

A resposta do Professor 1 a essa questão parece sugerir características da falseabilidade de Popper (SILVEIRA, 1996), mas também vai além ao sugerir os valores e critérios da comunidade científica. Situação semelhante ocorre em relação ao Professor 8. O Professor 5 diz que o ver é condicionado por aquilo que “deve ser visto”, posição bastante consonante com as principais epistemologias contemporâneas. O Professor 3 e o Professor 6 parecem indicar que os dados experimentais são a base para que o cientista desenvolva suas teorias e novas descobertas.

Apesar de não ser possível traçarmos um perfil geral apenas com as respostas obtidas, é possível perceber que estas indicam alguns elementos a superar e outros a se comemorar. Se por um lado algumas respostas apontam fatores que podem estar influenciando concepções inadequadas dos alunos (como uma visão indutivista), outras parecem sugerir um entendimento satisfatório da atividade científica que pode permitir uma formação adequada do professor em formação.

IV. Considerações finais

Encontramos indicativos positivos em relação às visões dos professores, que podem contribuir com a formação do professor de física em relação a concepções mais adequadas da atividade científica. Ainda assim percebemos algumas respostas que podem apontar para algumas visões a serem superadas, como a visão aproblemática e ahistórica, e particularmente a visão empírico-indutivista. Sabemos, pela literatura especializada, que estas visões são comuns entre professores (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001) e, se assim o são entre aqueles que trabalham e falam sobre ciência, naturalmente a população em geral terá visões ainda mais distorcidas sobre este nosso empreendimento.

Desta forma, sugerimos que metodologias ativas podem ajudar duplamente no processo de formação do professor, tanto em relação à sua própria aprendizagem quanto em relação aos bons exemplos que ele possivelmente poderá levar para sua prática em sala de aula. Destacamos aquelas que procuram discutir as temáticas por meio da leitura de artigos e que fazem o professor em formação expor suas concepções. Com as respostas que obtivemos dos professores de astronomia e as possíveis concepções alternativas inerentes aos professores em formação, tornar a leitura de artigos uma estratégia metodológica de ensino de astronomia pode contribuir para que as concepções de ambos consonem com a literatura especializada e,

consequentemente, auxiliem na diminuição dos problemas a esse respeito junto aos estudantes de ensino médio.

Consideramos a astronomia uma das temáticas da física que mais chamam a atenção dos estudantes. Não aproveitar isso como elemento motivador para o ensino de diversos tópicos de física parece ser um grande desperdício. Mas, uma vez tendo a atenção do aluno, temos que ser circunspectos na apresentação da astronomia, para não permitir (ou ao menos evitar) concepções inadequadas que podem facilmente se propagar mimeticamente até a educação básica, onde esses professores em formação poderão atuar, estabelecendo um possível ciclo de transmissão de visões equivocadas.

Mencionamos no início deste artigo o baixo índice de pesquisas com implicações diretas no ensino superior, no âmbito do ensino de astronomia. Com este trabalho pretendemos chamar a atenção para que sejam engendrados discursos mais atentos por parte do professor formador, de modo que sua atuação atenuar o referido ciclo de transmissão de visões equivocadas, buscando aprimorar a formação dos professores que atuarão na educação básica. Se ensejamos um ensino de astronomia mais adequado no ensino médio, precisamos, talvez de modo urgente, fornecer ao professor de física subsídios teórico-práticos mínimos para que isso se concretize. O retorno dos professores parece apontar para algumas boas práticas nesse sentido, mas evidencia também que não conseguimos um perfil geral positivo a esse respeito.

Naturalmente pesquisas mais abrangentes precisam ser feitas, mas pelo constatado a partir das respostas obtidas, percebemos que não podemos nos resignar frente ao que temos hoje. Esperamos que as discussões que trouxemos incentivem o desenvolvimento de novos trabalhos com o objetivo de aprimorar o ensino de astronomia, especialmente no que se refere à formação inicial de professores de física.

Referências

ARTHURY, L. H. M. A natureza da ciência no ensino de ciências: uma imagem da atividade científica mais adequada ao ensino? **Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática**, v. 5, n. 3, p. 467-488, 2021.

ARTHURY, L. H. M.; PEDUZZI, L. O. Q. A teoria do Big Bang e a natureza da ciência. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 20, p. 59-90, 2015.

ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 362-384, 2013.

BACCON, L.; ROCHA FILHO, J. B. da; LAHM, R. A. Ensino de física por meio de uma unidade de aprendizagem. **Revista Ciências & Idéias**, 2016.

Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 39, n. 3, p. 769-797, dez. 2022.

BAGDONAS, A.; ZANETIC, J.; GURGEL, I. Quem descobriu a expansão do universo? Disputas de prioridade como forma de ensinar cosmologia com uso da história e filosofia da ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, 2017.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Porto Editora, 1994.

BRETONES, P. S.; MEGID NETO, J. Tendências de teses e dissertações sobre educação em astronomia no Brasil. **Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 35-43, 2005.

CHAGAS, A. T. R. O questionário na pesquisa científica. **Administração on line**, v. 1, n. 1, p. 25, 2000.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

COSTA, F. S. M. Uma jornada pela vida no cosmos: relato de experiência de ensino de astrobiologia na escola. **Cadernos de Astronomia**, v. 2, n. 2, p. 142-152, 2021.

COSTA, S.; EUZÉBIO, G. J.; DAMASIO, F. A astronomia na formação inicial de professores de ciências. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 22, p. 59-80, 2016.

DIAS, C. A.; SANTA RITA, J. R. Inserção da astronomia como disciplina curricular do ensino médio. **Revista Latino-americana de educação em astronomia**, n. 6, p. 55-65, 2008.

EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In: SILVA, C. C. (Org.) **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

FONSECA, D. M. A pedagogia científica de Bachelard: uma reflexão a favor da qualidade da prática e da pesquisa docente. **Educação e pesquisa**, v. 34, n. 2, p. 361-370, 2008.

GARCIA, N. M. D.; HIGA, I.; ZIMMERMANN, E.; SILVA, C. C.; MARTINS, A. F. P. (Org.) **A Pesquisa em Ensino de Física e a sala de aula: articulações necessárias**. São Paulo: Editora da Sociedade Brasileira de Física, 2010.

GIL-PÉREZ, D. *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Revista Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GONZAGA, E. P.; VOELZKE, M. R. Análise das concepções astronômicas apresentadas por professores de algumas escolas estaduais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 1-12, 2011.

GORGES NETO, L.; DUMS, E. H.; MENDONÇA, A. P. A. de. Por que os astronautas “flutuam”? A representação do princípio da imponderabilidade em experimentos desenvolvidos para o ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 15, p. 1-21, 2022.

GORGES NETO, L.; ARTHURY, L. H. M. A formação docente e as concepções dos estudantes no âmbito da astronomia. **Cadernos de Astronomia**, v. 2, n. 1, p. 159, 2021.

GORGES NETO, L.; ARTHURY, L. H. M. A astronomia como disciplina obrigatória nos currículos de licenciatura em física da região sul do Brasil. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 32, p. 27-42, 2022.

IACHEL, G.; NARDI, R. Um estudo exploratório sobre o ensino de astronomia na formação continuada de professores. In: NARDI, R. **Ensino de ciências e matemática**, I: temas sobre a formação de professores. Cap. 5, p. 75-90. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

KAUARK, F. da S.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. **Metodologia da pesquisa: um guia prático**. Itabuna: Via Litterarum, 2010.

LABURÚ, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p. 382-404, 2006.

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. 373-399, 2011.

LEITE, C.; HOSOUME, Y. Os professores de ciências e suas formas de pensar a astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 4, p. 47-68, 2007.

MILANI, I. G.; ARTHURY, L. H. M. A introdução de temas em aulas de física: utilização das concepções prévias nos modelos de mudança conceitual e perfil conceitual. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 414-430, 2019.

Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 39, n. 3, p. 769-797, dez. 2022.

MOREIRA, M. A. Al final, qué es aprendizaje significativo? **Revista Currículum**, v. 25, p. 29-56, 2012.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: Mecânica**, v. 1. São Paulo: Editora Blucher, 2013.

OLIVEIRA, D. M. Há realmente uma ciência normal no sentido kuhniano do termo? **Griot: Revista de Filosofia**, v. 20, n. 1, p. 165-172, 2020.

PACHECO, M. H.; ZANELLA, M. S. Panorama de pesquisas em ensino de astronomia nos anos iniciais: um olhar para teses e dissertações. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 28, p. 113-132, 2019.

PEDUZZI, L. O. Q.; RAICIK, A. C. Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 2, p. 19-55, 2020.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da História da Ciência. In: PIETROCOLA, M. (Org.) **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. p. 151-170.

PRAXEDES, G.; PEDUZZI, L. O. Q. Tycho Brahe e Kepler na escola: uma contribuição à inserção de dois artigos em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 3601.1-3601.10, 2009.

JUSTINIANO, A.; REIS, H. R.; GERMINIANO, D. dos R. Disciplinas e professores de astronomia nos cursos de licenciatura em Física das universidades brasileiras. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 18, p. 89-101, 2014.

SAGAN, C. Why we need to understand science. **Skeptical Inquirer**, v. 14, n. 3, p. 263-269, 1990.

SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E. Inserção de componentes históricos e filosóficos em disciplinas das ciências naturais no ensino médio: reflexões a partir das controvérsias

historiográficas entre Kuhn e Lakatos. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 5, n. 2, p. 69-82, 2010.

SILVA, T. P.; BISCH, S. M. Nossa posição no Universo: uma proposta de sequência didática para o ensino médio. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 29, p. 27-49, 2020.

SILVEIRA, F. L. A filosofia da ciência de Karl Popper: o racionalismo crítico. **Caderno catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n. 3, p. 197-218, 1996.

SILVEIRA, F. L.; PEDUZZI, L. O. Q. Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p. 27-55, 2006.

SIMÕES, C. C.; VOELZKE, M. R.; PALANCH, W. B. L. Ensino de astronomia: tendências das teses e dissertações publicadas entre 2013 e 2019. **Revista Abakós**, v. 9, n. 1, p. 108-129, 2021.

SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. A Transposição Didática aplicada a teoria contemporânea: A Física de Partículas elementares no Ensino Médio. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, X, 2006, Londrina. p. 14.

SOARES, D. O paradigma da luz cansada revisitado. **Cadernos de Astronomia**, v. 2, n. 1, p. 121-121, 2021.

SODRÉ JR, L. O lado escuro do Universo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, p. 743-769, 2010.

SOUZA, R. S.; GRECA, I. R.; SILVA, I.; TEIXEIRA, E. S. Ensino de Mecânica Quântica na licenciatura em Física por meio da História e Filosofia da Ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 2, p. 914-944, 2021.

STUDART, N. Inovando a ensinagem de física com metodologias ativas. **Revista do Professor de Física**, v. 3, n. 3, p. 1-24, 2019.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**: o positivismo, a fenomenologia, o marxismo. São Paulo: Atlas, 1987.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).