



MARIA EMILIA FARIA SEABRA

**PROBLEMATIZANDO O ESTUDO DA COSMOLOGIA PARA A
EDUCAÇÃO BÁSICA:
POR QUE A NOITE É ESCURA?**

LAVRAS – MG

2018

MARIA EMILIA FARIA SEABRA

**PROBLEMATIZANDO O ESTUDO DA COSMOLOGIA PARA A EDUCAÇÃO
BÁSICA: POR QUE A NOITE É ESCURA?**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do
Mestrado Profissional em Ensino de Física, área de
concentração em Ensino de Física para a obtenção do título de
Mestre.

Prof. Dr. Alexandre Bagdonas Henrique
Orientador

Prof. Dr. Antônio Marcelo Martins Maciel
Coorientador

LAVRAS – MG

2018

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pela própria autora.

Seabra, Maria Emilia Faria Seabra

Problematizando o estudo da cosmologia para a Educação Básica: Por que a noite é escura? / Maria Emilia Faria Seabra—
Lavras: UFLA, 2018.
p.92 : il.

Orientador: Alexandre Bagdonas Henrique
Coorientador: Antônio Marcelo Martins Maciel.

Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Lavras, 2018. Bibliografia.

1. Ensino de Cosmologia. 2. Ensino de Física. 3. Sequência Didática. 4. Física Moderna e Contemporânea. 5. Ensino Médio I. Henrique, Alexandre Bagdonas II. Maciel, Antonio Marcelo Martins. III. Título

MARIA EMILIA FARIA SEABRA

**PROBLEMATIZANDO O ESTUDO DA COSMOLOGIA PARA A EDUCAÇÃO
BÁSICA: POR QUE A NOITE É ESCURA?**

***PROBLEMATIZING THE STUDY OF COSMOLOGY FOR BASIC EDUCATION: WHY IS
NIGHT DARK?***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do
Mestrado Profissional em Ensino de Física, área de
concentração em Ensino de Física para a obtenção do título de
Mestre.

Aprovada em 14 de dezembro de 2018.

Prof. Dr. Cassiano Rezende Pagliarini (UFOP)

Profa. Dra. Jacqueline Magalhães Alves (UFLA)

Prof. Dr. Alexandre Bagdonas Henrique
Orientador

LAVRAS – MG

2018

*Aos professores e professoras que acreditam no poder transformador
da Educação em uma sociedade.
Dedico*

AGRADECIMENTOS

Àquele que me proporcionou o dom da vida, que está comigo em todas as situações dando-me forças: Deus.

Aos meus pais, Mariana e José, e ao meu irmão Lucas, que sempre me motivaram, desde a graduação, acreditando em mim mesmo quando eu não acreditava. Vocês são o meu porto seguro.

Ao meu esposo Ronaldo, pela compreensão, apoio e incentivo, sempre buscando zelar por nós e nossa família.

À minha filha Liz, que é luz em minha vida, motivo que não me permite desistir, fazendo-me crescer como ser humana.

Aos meus avós, Emília e Aníbal, tão preocupados e amáveis comigo.

Aos meus tios/as e primos/as que fizeram do meu domingo um dia muito especial e feliz. Em especial às minhas tias Marlene e Marly, sempre presentes e preocupadas, não permitindo que eu viajasse no final da gestação para Lavras sem companhia.

Ao meu sogro João e minha sogra Leninha, por estarem sempre dispostos a ajudar e amparar.

Ao meu orientador Alexandre Bagdonas, por sua paciência, bondade e preocupação, por acreditar neste trabalho, proporcionando caminhos para o meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus eternos professores: Antônio Marcelo (queridinho), Antônio dos Anjos, Gilberto Lage, Helena Libardi, Iraziet Charret, e Ulisses Leitão, que desde a graduação me fizeram acreditar no potencial da nossa profissão e estiveram por perto quando eu precisei, oferecendo um ombro amigo. Vocês fazem parte das pessoas que tenho como exemplos profissionais.

Aos demais professores que tive ao longo da vida, que me fizeram acreditar nesta profissão como grande agente propulsor de mudanças em uma sociedade.

Aos colegas e amigos do mestrado: César, Cinara, Heleno e Rogério, sempre presentes, dispostos a ajudar e apoiar-me.

Ao Colégio Cenecista Juventino Dias (Cnec-Lavras), por abraçarem comigo este projeto, por serem carinhosos e receptivos desde o início. Em especial ((para)) a turminha do primeiro ano, por compartilharem o aprendizado sobre cosmologia e pela dedicação de vocês na realização das atividades.

A todos que foram ou são meus estudantes, vocês contribuem para que eu seja uma professora melhor.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e a Sociedade Brasileira de Física (SBF), pela oportunidade concedida para realização do mestrado.

*“A alegria não chega apenas no encontro do achado, mas faz parte do processo da busca.
E ensinar e aprender não pode dar-se fora da procura, fora da boniteza e da alegria.”*
(Paulo Freire)

*“Deep into the darkness peering, long I stood there, wondering, fearing, doubting, dreaming
dreams no mortal ever dared to dream before.”* (Edgar Allan Poe)¹

¹ Perscrutando profundamente a escuridão, por muito tempo ali fiquei, admirando, temendo, duvidando, sonhando sonhos que nenhum mortal antes ousara sonhar.

RESUMO

Neste trabalho, criamos uma sequência didática sobre o ensino de cosmologia e investigamos seu desenvolvimento com estudantes do primeiro ano do ensino médio, de uma escola da rede particular da cidade de Lavras. A sequência é composta de oito atividades, totalizando onze aulas. O foco dos episódios históricos estudados foi a questão: Por que o céu, com infinitas estrelas, não é claro a noite? Tal questão é conhecida como Paradoxo de Olbers. No contexto da época de Olbers, acreditava-se que o universo e o número de estrelas eram infinitos, porém, o que se observava é uma noite escura ao invés de ser totalmente clara. Para esse paradoxo, ao longo dos séculos, foram feitas várias tentativas de soluções, algumas das quais citamos no trabalho. O objetivo geral da pesquisa foi analisar como o conhecimento destes episódios da história da cosmologia pode possibilitar aos estudantes superarem certas visões ingênuas ou inadequadas da ciência, que tem sido criticada por pesquisadores da área de História e Filosofia da Ciência (HFC) no Ensino. Elas contribuem para visões fechadas da ciência, tais como: cientistas que são gênios isolados, que fazem uso de um método científico rígido e bem definido, além de uma ciência que é inquestionável, uma verdade absoluta. Essas visões são assim chamadas, pois distanciam o estudante da forma como se constroem e produzem os conhecimentos científicos. Os episódios escolhidos evidenciam ao processo histórico de construção de teorias, abordando como a questão do Paradoxo de Olbers foi investigada desde o Renascimento até o século XX, quando foi explicada pela teoria do Big Bang, que atualmente é a mais aceita para explicar o surgimento do universo. A estrutura das atividades foi inspirada na problematização e dialogicidade, que são centrais nos três momentos pedagógicos, uma transposição da concepção de Paulo Freire para a educação escolar. Buscamos enfatizar estratégias de ensino diversificadas, como: uso de vídeos, elaboração de desenhos, interpretação de textos e debates sobre os temas relacionados. Pela análise dos dados coletados, foi possível verificar que os/as estudantes conseguiram identificar que para se chegar a uma teoria, o processo é longo, cheio de erros e acertos de muitas pessoas, o que implica que o ser humano sempre teve sucessos e fracassos na busca de compreender a natureza e a sociedade. Durante esse processo muitos nomes são deixados de lado, mesmo que tenham sido relevantes na elaboração de uma teoria, surgindo desta forma estereótipos que levam a crer na genialidade única de certos cientistas. Além disso, após a intervenção foi possível identificar uma descrença relacionada ao método científico, um ponto que a priori todos os estudantes associaram com o desenvolvimento da Ciência. Acreditamos que uma abordagem com aspectos da HFC contribuiu na formação de cidadãos críticos e integrados com o mundo e a realidade em que vivem.

Palavras chave: Ensino de Física, Ensino de cosmologia, Paradoxo de Olbers, História e Filosofia da Ciência.

ABSTRACT

In this work, we created a didactic sequence about cosmology and investigated its development with students of the first year of high school, of a school in the private network of the city of Lavras. The sequence is composed of eight activities, totaling eleven classes. The focus of the historical episodes studied was the question: Why is the sky, with infinite stars, not clear at night? Such a question is known as Olbers Paradox. In the context of the time of Olbers, it was believed that the universe and the number of stars were infinite, but what was observed is a dark night instead of being totally clear. For this paradox, over the centuries, several attempts at solutions have been made, some of which are quoted in the paper. The general objective of the research was to analyze how knowledge of these episodes in the history of cosmology can enable students to overcome certain naive or inadequate views of science that have been criticized by researchers of the History and Philosophy of Science (HFC) in Education. They contribute to closed visions of science, such as: scientists who are isolated geniuses who make use of a rigid and well-defined scientific method, plus a science that is unquestionable, an absolute truth. These visions are so called, because they distance the student from the way they construct and produce scientific knowledge. The episodes selected highlight the historical process of construction of theories, addressing how the question of the Olbers Paradox was investigated from the Renaissance to the twentieth century, when it was explained by the Big Bang theory, which is currently the most accepted to explain the emergence of universe. The structure of the activities was inspired by the problematization and dialogicity, which are central in the three pedagogical moments, a transposition of Paulo Freire's conception for school education. We seek to emphasize diverse teaching strategies, such as: use of videos, drawing of drawings, interpretation of texts and debates on related themes. By analyzing the data collected, it was possible to verify that the students were able to identify that in order to arrive at a theory, the process is long, full of errors and correct answers of many people, which implies that the human being always had successes and failures in the quest to understand nature and society. During this process many names are left aside, even if they have been relevant in the elaboration of a theory, arising in this way stereotypes that lead to believe in the unique genius of certain scientists. In addition, after the intervention it was possible to identify a disbelief related to the scientific method, a point that a priori all students associated with the development of Science. We believe that an approach with aspects of HFC has contributed to the formation of critical and integrated citizens with the world and the reality in which they live.

Keywords: Physics Teaching, Cosmology Teaching, Olbers Paradox, History and Philosophy of Science

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 15 |
| 2 COSMOLOGIA NO ENSINO MÉDIO | 18 |
| 2.1 O Paradoxo de Olbers | 20 |
| 2.2 A presença da cosmologia nas revistas de ensino, dissertações e teses | 24 |
| 2.3 Visões ingênuas da ciência | 30 |
| 2.4 HFC e visões ingênuas da ciência no texto: <i>As estrelas do céu de Mariana</i> | 31 |
| 3 INVESTIGAÇÕES NA EDUCAÇÃO BÁSICA | 44 |
| 3.1 A estrutura didática da sequência- Os três momentos pedagógicos | 44 |
| 3.2 Objetivo geral da pesquisa e os objetivos específicos de ensino | 48 |
| 3.3 Sujeitos e o local da pesquisa | 50 |
| 3.4 Instrumentos utilizados na coleta de dados | 50 |
| 3.5 Análise dos dados de pesquisa coletados | 52 |
| 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 83 |
| REFERÊNCIAS | 87 |

APRESENTAÇÃO

"Ser ou não ser, eis a questão" é a famosa frase dita por Hamlet, na obra *A tragédia de Hamlet, príncipe da Dinamarca*, escrita por William Shakespeare. Adaptei essa frase para uma que reflito bastante: "Ser ou não ser professora, eis a questão". São muitos os desafios, conquistas, alegrias e tristezas que essa profissão pode proporcionar no decorrer dos anos. Para você entender um pouco melhor sobre a minha escolha profissional e a temática deste trabalho, retorno brevemente em algumas ponderações da minha vida.

Meus pais sempre nos incentivaram (a mim e a meu irmão), na busca pelo saber. Diziam que a maior herança que um pai pode deixar para um filho é o conhecimento, que este ninguém tira de você. Eles possuem algumas paixões em comum, uma delas é a matemática.

Meu avô paterno faleceu quando meu pai iria completar os seus 15 anos, por ser o filho mais velho, meu pai se tornou o homem da casa muito cedo e teve os seus estudos do colegial interrompidos. Minha mãe cursou até o magistério, teve experiências lecionando, principalmente com aulas particulares. Tinha vontade de fazer um curso superior, relacionado a matemática, mas, segundo a sua avó, "mulher não precisa estudar muito, deve casar e cuidar da casa". Logo o meu avô materno, em obediência à minha bisavó, achou melhor não alimentar este sonho de minha mãe.

Após alguns anos do casamento dos meus pais eu nasci. Minha mãe escolheu parar de trabalhar fora de casa para se dedicar integralmente à família. Lembro que quando criança, ela assinava gibis da *Turma da Mônica*, ia à biblioteca conosco, comprava alguns livros de pesquisa, tudo com o intuito de nos motivar a estudar. Os deveres escolares ela acompanhava diariamente à realização e nos auxiliava nos momentos de dúvida. Meu pai instigava nosso raciocínio lógico utilizando as propagandas de eletrodomésticos, tão comuns na TV. "Quanto que dá o total?".

Logo, não sei se por genética, influências dentro de casa, ou tudo isso misturado, a matemática se apresentava para mim sem muitas complicações. Quando conheci a Física, houve o casamento perfeito, pois havia interpretação e matemática junto. O ser professora ficou evidente para mim no ensino médio, mas não sabia de qual disciplina necessariamente, optei por Física após ter apresentado um trabalho escolar, que fiz na forma de uma aula. Meus colegas e professora gostaram e motivaram-me a seguir essa profissão.

Ainda não via a Física como a Ciência capaz de responder sobre as curiosidades que nos cercam, a via como uma disciplina que utilizava da matemática como uma de suas ferramentas. Minha visão era limitada e se transformou muito durante a minha graduação em Licenciatura em Física, pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Meu objetivo inicial era simples: formar, retornar e lecionar em minha cidade, na escola onde estudei.

Eu não conheci outro modelo escolar, vim de um sistema tradicionalista de ensino. Logo percebi que para muitas coisas eu não havia aprendido a pensar, e sim a reproduzir respostas corretas. O melhor caminho para superar cotidianamente essa reprodução seria permitir que as curiosidades e a busca por suas respostas ressurgissem de alguma maneira.

Acredito que a curiosidade é sempre o agente propulsor para o conhecimento, a começar, por nos retirar da inércia, ao buscarmos as respostas dos vários “por quês” que nos cercam.

Desde pequeninos, somos curiosos. Vejo isso pela minha filha, com um ano, que observa tudo e busca fazer interações. Atualmente, uma de suas brincadeiras favoritas é pegar objetos e deixá-los caírem. Daqui há alguns anos, provavelmente, já buscará compreender melhor o mundo que a cerca, e talvez buscará a resposta do porque os objetos caem. Há três respostas que posso oferecer a ela:

- Filha agora não é o momento/Não sei. (Primeira resposta)
- Filha, os objetos caem porque existe uma força gravitacional da Terra sobre todos os corpos nela presente. (Segunda resposta)
- Filha, quando você puxa a mamãe pelo braço, você aplica uma força sobre ela. Quando puxamos o Cosmos e o Xodó pela coleira ou quando eles nos puxam, também tem uma força sendo aplicada. Quando pegamos o ímã da geladeira e aproximamos da moeda, também tem uma força, mesmo que não a vejamos. Uma força então pode gerar um movimento, ou pelo menos, a tentativa de um. Então, para alguma coisa cair no chão, sem a jogarmos, apenas soltando-a, será que existe uma força para puxá-la também? (Terceira resposta)

Analisando as possíveis respostas, temos que a primeira, muito comum, inibe o pensamento da criança e a desestimula a perguntar. Aos poucos ela é levada a pensar que não vale a pena ter curiosidades, se ninguém pode respondê-las.

A segunda, nega o processo de construção do conhecimento, pois retira qualquer nova curiosidade que possa surgir. Infelizmente, é muito usual no ambiente escolar, que ainda é muito centralizado em uma educação bancária. Este termo foi criado pelo educador brasileiro Paulo

Freire, e faz referência aos estudantes que se tornam telespectadores de seu próprio conhecimento. Foge totalmente da proposta que: “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção” (FREIRE, 1996, p.23).

Defendemos que respostas como a terceira, por meio das quais se mobiliza o processo de construção do conhecimento, deveriam estar mais presentes nas escolas, ambiente em que é muito comum oferecer respostas para perguntas que nunca foram feitas.

A Física que é legal para mim, não é para muitos, um dos fatores pode ser até a matemática. Além disso, as condições de trabalho e falta de interesse de alguns alunos, já me fizeram pensar que eu estava na profissão errada.

Em busca de mudança e de permitir que o lado ser professora, prevalecesse sobre o não ser, modifiquei, após alguns anos, aquele meu sonho inicial de retornar para a minha cidade após formada. Um dos fatores de mudança foi a influência de alguns professores da graduação, que me fizeram acreditar que eu podia me tornar uma profissional melhor se estudasse mais para isso.

Hoje reconheço que são vários os fatores externos que influenciam em uma escola, um deles é a própria família. Sobre a minha digo que tive a sorte de nascer em berço de ouro, não por questões financeiras, mas porque eles me incentivaram e me mostraram que a busca pelo conhecimento é um dos caminhos para me tornar uma pessoa melhor.

No ano passado, com o nascimento de Liz, meu marido e eu optamos em retornar para a nossa cidade natal (Pimenta-MG). Atualmente leciono com muita alegria na Escola Estadual Padre José Espíndola, escola na qual estudei e que despertou em mim essa paixão pela Educação. Também leciono em um colégio da rede particular, na cidade de Piumhi, o Instituto Perfil de Educação. Ainda quero melhorar muito como profissional e sinto que tenho muito a aprender.

E é assim, que hoje o meu ser professora se resume: estimular o entendimento que a compreensão do conhecimento nos liberta e transforma. Pensando sobre isso, busco respostas para uma pergunta que diretamente influenciou na minha pesquisa: Como a Física pode ser interessante para todos/as?

1 INTRODUÇÃO

O que ensinar? Como ensinar? O que realmente é importante e fará sentido para os/as estudantes? Tais perguntas estão presentes constantemente na prática docente. No caso da Física, vemos um ensino focado na Física Clássica, que também possui a sua importância. Em contrapartida, há uma ausência de aproximação da Física Escolar com a Física Contemporânea, deixando de existir, dessa forma, contribuições para o processo de inserção do/a estudante no meio científico. Logo, torna-se importante a conscientização de que a Física, ensinada no ensino médio, não deve parar no século XX.

Em sua tese de doutorado, João Zanetic (1989) apresentou diversas críticas ao ensino de Física tradicional, voltado praticamente só para a Física Clássica. Como proposta de uma seleção de assuntos relevantes, ele apresentou questões que podem direcionar para a reflexão do que seria importante ensinar.

- i. do conhecimento acumulado ao longo da história da humanidade o que deve ser selecionado para ser ensinado na escola?
- ii. essa seleção permite que um cidadão contemporâneo entenda melhor o universo em que vive no sentido de abarcar a sua localização no espaço e no tempo, seu papel na produção, o conhecimento do mundo físico, o funcionamento básico de seu corpo e de sua mente, as potencialidades de seu país, o funcionamento do Estado e as razões da organização social reinante e sua possível transformação?
- iii. essa seleção vai ser útil no seu trabalho de tal forma a torná-lo um trabalhador flexível e não apenas um mero apêndice da máquina?
- iv. esse conhecimento selecionado vai ajudá-lo a usufruir suas horas de lazer?
- v. esse conhecimento é útil no prosseguimento dos estudos? (ZANETIC ,1989, p.17)

Pensando na estrutura e elaboração de aulas, acreditamos na potencialidade que a dialogicidade e a problematização podem oferecer nas práticas de ensino e aprendizagem. Elas trazem à tona, várias curiosidades que estão próximas da realidade do estudante.

Para que todo o processo de conhecimento possa fazer sentido para os jovens é imprescindível que ele seja instaurado por meio de um diálogo constante entre alunos e professores, mediado pelo conhecimento. E isso somente será possível se estiverem sendo considerados objetos, coisas, fenômenos que façam parte do universo vivencial do aluno, seja próximo, como carros, lâmpadas ou televisões, seja parte de seu imaginário, como viagens espaciais, naves, estrelas ou o

Universo. Assim devem ser contempladas sempre estratégias que contribuam para esse diálogo. (BRASIL, 2002, p.83).

Acreditamos que um dos caminhos para uma construção do conhecimento mais contextualizado, fazendo o ensino da Física mais interessante e próximo ao/a estudante, que envolva a problematização, dialogicidade e curiosidade, é por meio da cosmologia, tema que guiou a elaboração da nossa Sequência Didática.

Nossa Sequência Didática é composta de oito atividades, que partem do estudo da concepção de universo que cada estudante possui, e termina abordando alguns aspectos da teoria do Big Bang. Esta teoria surgiu na primeira metade do século XX, e se baseia na proposta de que o universo está em expansão, com distâncias entre os corpos celestes aumentando com o tempo, mas que no passado, quando estavam mais próximos, foi muito quente e denso.

Com a questão: “Por que o céu com infinitas estrelas, não é claro a noite?” Conhecida como paradoxo de Olbers, estruturamos nossa Sequência Didática. Para este intrigante paradoxo foram apresentadas, ao longo de séculos, várias tentativas de solução. Uma delas pelo poeta, editor e crítico literário estadunidense, Edgar Allan Poe (1809-1849).

Para responder a esse paradoxo, utilizamos de episódios da história da cosmologia, visando abordar discussões em salas de aula sobre a produção da ciência, relações entre ciência e crenças, assim como o papel dos cientistas neste contexto. Acreditamos que por meio dessas discussões, foi possível desenvolver uma aprendizagem diferenciada do ensino tradicional e descentralizada do professor.

No capítulo dois apresentamos aspectos da história deste paradoxo e algumas de suas soluções. Para compreendê-lo, a leitura do livro: *A escuridão da noite-um enigma do universo* (HARRISON, 1995) foi significativa neste processo. Como nosso trabalho está na linha do ensino da cosmologia com o foco para o ensino médio, apresentamos posteriormente uma revisão bibliográfica em revistas de ensino de física. Com esta revisão, leitura de algumas teses, dissertações e do livro acima citado, conseguimos adquirir um embasamento teórico para a elaboração das atividades da Sequência Didática, além de identificar como a História e Filosofia da Ciência (HFC) se relaciona à temática estudada. Por meio dessa identificação, conseguimos trabalhar em prol das modificações das visões ingênuas da ciência que os estudantes possuem,

chamadas deste modo pois se distanciam da forma como se constroem e produzem os conhecimentos científicos. Pagliarini (2007) ressaltou em sua dissertação como alguns livros didáticos reforçam alguns conhecidos mitos científicos e transmitem falsas concepções acerca da natureza da ciência a estudantes e professores, sendo este um outro fator que contribui para o fortalecimento de uma História da Ciência distorcida e simplificada, que pode ser chamada de pseudo-história. Muitas vezes essas visões deformadas são propagadas propositadamente, seguindo os interesses de certos grupos sociais que empregam a ciência como instrumento de dominação e convencimento.

Fechamos o capítulo com o texto de nossa autoria: *As estrelas do céu de Mariana*, que é um exemplo de uma dessas atividades da Sequência Didática. Ao longo deste texto, discorreremos sobre os principais conceitos históricos e filosóficos importantes para o entendimento da Sequência Didática desenvolvida.

No capítulo três abordamos a estrutura da nossa Sequência Didática, que é inspirada nos três momentos pedagógicos (3MP), uma abordagem que enfatiza a problematização e dialogicidade, inspirada no educador brasileiro Paulo Freire (1921-1997). Em seguida, apresentamos os objetivos específicos de ensino, os sujeitos, local de pesquisa e instrumentos de pesquisa.

Na análise de dados da pesquisa coletados, buscamos identificar como a concepção de universo dos estudantes sofria alterações, juntamente com as modificações das visões ingênuas de ciência dos mesmos. Para isso, analisamos respostas para os seguintes problemas de pesquisa: Como atividades, com ênfase na história da cosmologia podem modificar as visões de universo dos/as estudantes? Quais foram as possíveis mudanças das visões ingênuas dos/as estudantes?

As considerações finais aparecem no capítulo quatro, em que ressaltamos a aprendizagem mútua da docente e dos estudantes sobre a temática estudada e as limitações e possibilidades que a Sequência Didática apresenta.

2 COSMOLOGIA NO ENSINO MÉDIO

Segundo Martins (2006), muitos livros didáticos enfatizam algo comum dentro das ciências: os resultados finais que a mesma chegou. Estes podem ser considerados como as teorias e conceitos que aceitamos e não fazemos reflexões do tipo: como tais teorias e conceitos se desenvolvem(ram)? Como os cientistas trabalham (ram)? Quais as ideias que não aceitamos hoje em dia e que eram aceitas no passado? Quais as relações entre ciência, filosofia e religião? Qual a relação entre o desenvolvimento do pensamento científico e outros desenvolvimentos históricos que ocorreram na mesma época?

Desta forma, a História e Filosofia da Ciência (HFC) aparece “camuflada” nos livros didáticos, pois é apresentada em pequenos quadrinhos laterais, em informações resumidas, como por exemplo, a biografia do cientista que desenvolveu dada teoria e o ano em que a mesma ocorreu. Dessa forma, se impede a abordagem de certos fatores importantes, tais como: o contexto histórico e político da época e todas as contribuições para o desenvolvimento de dada teoria, que pode nos levar a uma interpretação errônea da ciência, como a de que ela surge de repente, sem a dependência de outras atividades ou elementos que ocorreram no passado.

Nas últimas décadas, a pesquisa em ensino de ciências tem evidenciado a relevância do papel desempenhado pela HFC no ensino e aprendizagem das ciências. Ela já está presente como proposta nas Diretrizes Curriculares Nacionais e nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio e ciências da natureza (PCNEM e PCN+).

A partir da década de 1970, com a criação de programas de pós-graduação, congressos e revistas específicas da área de ensino de ciências no Brasil, tais como: SNEF (Simpósio Nacional de Ensino de Física- iniciado em 1970), EPEF (Encontro de pesquisa em ensino de Física – iniciado em 1986); ENPEC (Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências- iniciado em 1997). Caderno Brasileiro de Ensino de Física; Revista Brasileira de Ensino de Física; Física na escola, a HFC passou a ser mais discutida e defendida aqui no país, o que gerou um aumento no número de grupos de pesquisa interessados nessa temática (BAGDONAS, 2015).

A HFC apresenta uma relação com o que chamamos de questões fundamentais². Essas questões apresentam caráter filosófico e nos instigam a compreender sobre tudo que nos cerca e o nosso lugar no universo, a partir de questões como: A Terra está no centro do universo? Como tudo surgiu? O universo terá um fim? Qual o meu lugar no universo? Que auxiliam no ensino e aprendizagem sobre a ciência, pois:

- Podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade.
- Podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico.
- Podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam.
- Podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas. (MATHEWS, 1995, p.195)

O estudo de episódios históricos permite perceber o processo gradativo de construção do conhecimento, seus procedimentos e suas limitações, assim como mostra que a ciência não nasce na cabeça de “grandes gênios”. A exemplo destes episódios, temos trabalhos desenvolvidos na área da óptica (MOURA, 2008; FORATO, 2009), acústica (PEREIRA, 2010) e cosmologia (AGUIAR, 2010; ARTHURY, 2010; AZEVEDO, 2011; BAGDONAS, 2011; BAGDONAS, 2015; CARVALHO, 2016; SKOLIMOSKI, 2014), sendo esta última a temática do nosso trabalho.

Mas afinal, por que estudar a história da cosmologia? Por que inseri-la no Ensino Médio? Tal proposta não traz consigo argumentos utilitaristas, como a utilização prática no dia a dia, ou a preparação do estudante para o mercado de trabalho (BAGDONAS, 2011). Acreditamos que por meio da cosmologia, pode haver a inserção de discussões a respeito da ciência, na busca de

² São questões fundamentais aquelas que não possibilitam respostas definitivas e seguras, estimulam a reflexão e a discussão. A ciência, pelo menos na atualidade, não é capaz de respondê-las. Questões do tipo: Por que o universo existe? O universo teve um começo ou sempre existiu? De onde surgiu o universo? Como ele começou? O que é bom ou mau, certo ou errado? Existe sentido para a vida ou para o universo? Podem ser consideradas questões fundamentais.

respostas a respeito do universo e do próprio homem. Por outro lado, é um tema fascinante e ao mesmo tempo intrigante para muitos/as estudantes: “muitos pesquisadores que defendem a atualização curricular pelo ensino da física moderna e contemporânea na educação básica, destacam a cosmologia como um assunto com grande potencial pedagógico, principalmente quando abordada com um enfoque histórico” (BAGDONAS, ZANETIC, GURGEL, 2018, p.100).

Um episódio central na nossa Sequência Didática, que instiga e desperta a curiosidade em busca de respostas, e ao mesmo tempo potencializa algumas das vantagens citadas acima, é o Paradoxo de Olbers, que será apresentado na seção 2.1. Por meio dele buscamos debater tópicos da história da cosmologia e questões filosóficas, evidenciando aspectos do processo de construção de teorias que levou a teoria do Big Bang.

Tendo discutido aspectos da história da cosmologia, estudamos como se tem pensado o ensino de cosmologia na Educação Básica e formação inicial de professores, a partir de uma revisão bibliográfica em periódicos de pesquisa em ensino de física, que discutimos na seção 2.2. Aproveitamos para ressaltar o que utilizamos desta revisão ao longo da nossa sequência.

Na seção 2.3 destacamos os objetivos de cada atividade e abordamos a definição de visões ingênuas da ciência e como elas se relacionam ao nosso trabalho. Buscamos enfatizar, nesta seção, o que o/a leitor/a precisa compreender sobre a HFC para entender o nosso trabalho.

Finalizamos o capítulo na seção 2.4 em que relacionamos alguns elementos do nosso estudo sobre a história da cosmologia e da revisão bibliográfica com o texto que produzimos: *As estrelas do céu de Mariana*, inspirado no livro de Harrison (1995) *A escuridão da noite. Um enigma³ do universo*.

2.1 O Paradoxo de Olbers⁴

³ Nesta seção também diferenciamos e exemplificamos paradoxo e enigma.

⁴ Harrison (1995) considera o problema: Por que o céu noturno é escuro à noite? como algo enigmático, considerando que um enigma pode ser um quebra-cabeça, um problema ou um paradoxo. Já os paradoxos são proposições contrárias aos fatos conhecidos ou às opiniões vigentes. Segundo o cientista Kelvin: “Na ciência não há paradoxos.”, pois os mesmos se encontram em nós e não no mundo externo. Optamos em

O céu sempre foi motivo de admiração e curiosidade pelos seres humanos. A história da cosmologia traz consigo um certo ar de mistério a sua volta. Religiões, mitos e teorias buscaram e buscam explicar, desde a antiguidade, o céu e tudo que há além dele. Um universo, limitado e centrado na terra (geocentrismo), foi por muito tempo incontestável, até Nicolaus Copernicus introduzir o modelo do heliocentrismo. Este modelo põe o sol no centro do universo, considerado finito e limitado.

Com a invenção do telescópio e a observação de uma quantidade incalculável de estrelas a pergunta: “por que o céu noturno é escuro?” traz consigo o seu ar enigmático. Essa pergunta nos chamou atenção por despertar a curiosidade sobre algo que vai contrário as nossas observações diárias. Respostas do tipo: “O Sol não está mais a iluminar essa face da Terra e sim a outra, devido a seu movimento de rotação” perdem seu significado ao imaginarmos um céu com um número infinito de estrelas, o que implicaria em uma noite totalmente clara. Tal problema recebe o nome de Paradoxo de Olbers.

Foram muitas as especulações e teorias que surgiram para tentar explicar este paradoxo, das quais destacamos algumas, a seguir:

Galileu Galilei (1564-1642) através do seu telescópio, pôde observar que a Via Láctea era composta por uma miríade de estrelas, algo que Johannes Kepler (1571-1630) rejeitava veementemente por não concordar com a ideia de um universo infinito recoberto de estrelas, ideia que naquela época já estava ganhando adeptos.

Kepler usou o fato da escuridão noturna como argumento de que o céu seria finito, como que coberto por uma parede cósmica escura. Aparentemente, ele foi o primeiro a reconhecer implicações na escuridão da noite com a cosmologia.

O matemático suíço Jean Phillippe Loys de Chéseaux (1718-1751), em 1744, considerou inúmeras esferas concêntricas (algo parecido com cascas de cebola), povoadas por estrelas e ao centro das cascas haveria um observador. A luminosidade emitida seria inversamente proporcional ao raio de cada esfera concêntrica, o que o fez concluir que haveria algum meio

referir o problema da escuridão noturna como paradoxo de Olbers ao invés de enigma da escuridão noturna, pois o primeiro faz referência a como o mesmo é conhecido popularmente.

interestelar absorvente que atenuaria a luz das estrelas, não possibilitando uma visualização de um céu totalmente recoberto por estrelas. No século XVIII, a questão foi abordada novamente por Edmund Halley (1656-1742) e pelo médico e astrônomo Heinrich Wihelm Mattaus Olbers (1758-1840), em 1826, quando passou a ser conhecida como Paradoxo de Olbers. Olbers fez um tratamento matemático parecido com Chéseaux, ressaltando que em qualquer direção que olhasse, seria possível ver uma estrela. Uma analogia que pode ser feita é considerar uma floresta de árvores, se você está no meio, ao redor verá árvores bem espaçadas entre si, quanto mais longe olhar, menor será o distanciamento entre essas árvores, de modo que no limite da sua linha de visada⁵, as árvores estarão todas juntas e você somente as verá.

Porém, não é o que ocorre, caso contrário o céu seria extremamente brilhante e quente. Então, onde está o erro?

A solução proposta por Olbers foi a existência de uma poeira interestelar que absorve a luz das estrelas. Ela apresenta um erro, pois a poeira, ao absorver tal radiação, entrando em equilíbrio térmico, também se tornaria quente e passaria a emitir radiação.

O poeta Edgar Allan Poe, em 1848, teve o seu livro *Eureka* publicado. Foi uma importante contribuição para a cosmologia, visto que após 25 anos do artigo de Olbers sobre o enigma da escuridão, Poe propôs uma solução interessante para o seu tempo, muito antes das soluções que hoje são consideradas mais adequadas, como a de Harrison, que citaremos a seguir⁶.

A solução de Poe assumiu que a velocidade da luz é finita, e que a distância das estrelas até nós é imensa, de modo que a luz das estrelas mais distantes ainda não teve tempo de nos

⁵ Trata-se de uma linha imaginária que une dois objetos, como um observador e uma estrela, sem interceptar obstáculos.

⁶ Concordamos com o trabalho de Bagdonas, Zanetic e Gurgel (2017), que discussões sobre prioridades e descobertas dentro da ciência devem ser evitadas. Achamos mais adequado mostrar que a ciência é construída de forma coletiva, e não determinada por um único cientista, e que os processos de descobertas na ciência costumam ser processos com extensão no tempo, com diversos colaboradores e dificilmente podem ser atribuídas a um único indivíduo em uma data específica. Desta forma, o uso da HFC ajuda a promover visões mais críticas sobre a ciência na educação básica, distanciando das visões ingênuas que apresentamos na seção 2.3

atingir, ou seja, quando contemplamos o espaço, estamos olhando para o passado. Isso fica mais evidente quando consideramos um universo visível que se estende de um observador até uma distância determinada pela velocidade da luz, multiplicada pelo tempo decorrido desde que as primeiras estrelas começaram a brilhar. Se as estrelas começaram a brilhar um bilhão de anos atrás, o horizonte visível situa-se a um bilhão de anos-luz.

Em 1901 Lord Kelvin publicou um artigo intitulado: ‘Sobre Ether e matéria Gravitacional através de um espaço infinito’, que trouxe um tratamento mais formal para o paradoxo. Neste trabalho, mostrou que no modelo que se tinha, o universo apresentava um número insuficiente de estrelas para cobrir a escuridão da noite. Além disso, mostrou também que, mesmo se as estrelas estivessem espalhadas em um espaço infinito, as estrelas que são visíveis não seriam capazes de cobrir o céu, reforçando a ideia especulativa de Poe de que não há luz suficiente das estrelas, porque ela ainda não nos atingiu, pois a luz viaja com uma velocidade finita.

Havia cientistas como Alexander Friedman (1888-1925) e Georges Lemaître (1894-1966) que acreditavam em um modelo de universo em expansão. Um dos estudos da cosmologia da época era voltado para as linhas espectrais das galáxias. Através do Efeito Doppler-Fizeau, percebia-se um certo desvio para o vermelho (*redshift*), que é uma mudança na frequência da luz em relação ao observador.

Edwin Powell Hubble (1889-1953) utilizou do trabalho de Henrietta Swan Leavitt (1868-1921) e estimou distâncias das galáxias, identificando certo desvio para o vermelho. Isso indicou que a maioria das estrelas está se afastando rapidamente de nós, o que seria, portanto, uma comprovação convincente para um universo não estático e sim em expansão. Somos, assim, levados a pensar que o céu noturno é cheio de estrelas, o fato de não observamos uma noite clara, se deve ao *redshift*, que faz com que a luz chegue até nós em frequências menores, incluindo faixas que não conseguimos observar a olho nu, como o infravermelho. Mas o *redshift* não responde totalmente o paradoxo, pois cálculos mostram que a noite ainda deveria ser mais clara do que é atualmente.

O inglês Edward Harrison (1919-2007), em 1985, deu uma atenção especial ao trabalho de Kelvin, o que o ajudou a apresentar uma nova solução para o paradoxo, a mais aceita

atualmente. Essa solução sintetiza os cálculos de Kelvin e explica que não há energia suficiente no universo para que o céu se apresente excessivamente brilhante. A expansão do universo degrada a energia, de forma que a luz de objetos muito distantes chega muito desviada pro vermelho e, portanto, muito fraca.

Interessados em debater sobre esse paradoxo e buscando verificar como a temática de cosmologia tem sido abordada no Ensino Médio, realizamos uma revisão bibliográfica, tópico discutido a seguir.

2.2 A presença da cosmologia nas revistas de ensino, dissertações e teses

No PCN+ a temática está dentro do sexto eixo estruturador⁷ do ensino de física (Universo, terra e vida). A sua relevância é ressaltada ao permitir que o:

(...) jovem possa refletir sobre sua presença e seu “lugar” na história do Universo, tanto no tempo como no espaço, do ponto de vista da ciência. 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, com que sonha e que pretende transformar. Assim, Universo, Terra e vida passam a constituir mais um tema estruturador. (BRASIL 2002, p.71)

Para analisar como o ensino de cosmologia é desenvolvido na educação básica do país, foi realizada uma revisão bibliográfica utilizando a palavra Cosmologia nos sítios de algumas revistas de ensino de Física e Ciências do Brasil, abrangendo toda a bibliografia disponibilizada nos respectivos sítios.

Optou-se, inicialmente, em realizar essa revisão específica em revistas, por se tratar de um recurso que é de fácil acesso aos professores e pesquisadores do Ensino de Física. Nossa escolha de periódicos foi inicialmente inspirada nas revistas que acreditávamos serem as mais acessadas da área. O trabalho de Leal (2017) inclusive apontou através de uma pesquisa via correio eletrônico, com doze professores de física de diferentes estados e regiões do país, sete dos

⁷ Várias propostas de inovação curricular foram feitas nas últimas décadas. Uma delas é o PCN+, no qual se sugerem orientações de como os temas podem ser abordados e em qual momento do período escolar, por meio dos seus seis temas estruturadores. Os temas estruturadores são: 1. Movimentos: variações e conservações; 2. Calor, ambiente e usos de energia; 3. Som, imagem e informação; 4. Equipamentos elétricos e telecomunicações; 5. Matéria e radiação; 6. Universo, terra e vida.

periódicos mais consultados por estes professores. Destes sete, cinco já era utilizado por nós: Ciência & Educação, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Revista Brasileira de Ensino de Física, Investigações em Ensino de Ciências e Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências. Incluímos também em nossa pesquisa as revistas: Física na Escola, Ciência e Ensino e a Revista Latino Americana de Educação em Astronomia.

Ao fazer a leitura de todos os trabalhos encontrados, os classificamos por: ano de publicação, autores, título e intenção, evidenciando o tema proposto e/ou desenvolvido. Os resultados demonstram que são poucos os artigos que apresentam a palavra cosmologia quando a mesma é selecionada como palavra-chave no campo de busca dos referidos sítios e a mesma pode ser sintetizada na quadro 1:

Quadro 1: Revisão bibliográfica

| Revista | Nº | Ano de Publicação |
|--|-----------|--|
| Caderno Brasileiro de Ensino de Física | 5 | 1989, 2000, 2009 e 2010 |
| Ciência e Educação (UNESP) | 1 | 1998 |
| Física na Escola | 2 | 2005 |
| RBPEC | 1 | 2007 |
| RELEA | 3 | 2015, 2017 e 2018 |
| RBEF | 16 | 2005, 2008, 2009, 2011, 2012, 2013, 2014 |
| Ciência e Ensino (Unicamp) | 0 | - |
| Investigações em Ensino de Ciências | 0 | - |

Fonte: da autora (2018)

Ao todo foram analisados 28 artigos, destes somente um fez pesquisa em ensino de física com base em dados coletados em aulas do Ensino Médio. A grande maioria dos textos são propostas teóricas para o ensino superior, a maioria sobre conceitos relacionados à teoria do Big Bang, com pouca ou nenhuma reflexão sobre como adaptar os estudos cosmológicos para os estudantes do Ensino Médio. Tal fato, porém, não impede que alguns deles possam ser apoio a

professores interessados em levar este tipo de discussão para seus estudantes na educação básica, ao oferecer um material de estudo para os mesmos. (SEABRA, BAGDONAS, MACIEL, 2017)

Apesar de ter verificado a presença de poucos artigos na área de cosmologia e somente um com foco no Ensino Médio (Aguiar e Hosoume, 2018), vários deles foram de extrema relevância para o planejamento das aulas sobre o tema de cosmologia e também para um estudo mais amplo sobre a temática, contribuindo significativamente para o desenvolvimento da pesquisa na área. Destacamos destes artigos:

- Aguiar e Hosoume (2018) relatam parte da aplicação e avaliação de um projeto curricular alternativo para a Física, com ênfase na inserção de elementos de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia para 93 estudantes de escola particular paulista, que estavam na 1ª série do ensino médio. Analisaram mudanças na visão de mundo e nova visão cosmológica. Os tópicos: mudanças na visão de mundo e uma nova visão cosmológica, presentes nesta proposta curricular, também apareceram na discussão da primeira atividade da nossa Sequência Didática.
- Fróes (2013), Rosenfeld (2005) e Menezes (2005) apresentam conceitos desde astronomia, astrofísica e cosmologia, com maior ênfase na última, tais como a expansão do universo e a teoria do Big Bang.
- Soares (2014) se destaca por ser o único trabalho que propõe uma estratégia diferente da leitura e discussão de textos para o ensino de cosmologia: um experimento que discute um análogo mecânico, simples, para explicar a Lei de Hubble, chamado de UGE (Universo da Gominha Esticada). O UGE consiste em utilizar um material elástico (uma gominha) que forme uma figura fechada. A ideia desta dinâmica aparece no nosso produto educacional, onde descrevemos a atividade que foi realizada.
- Arthury e Peduzzi (2013 e 2015), no trabalho de 2013, relatam uma abordagem desenvolvida com alunos de graduação de um curso de física a partir do texto: A cosmologia moderna à luz dos elementos da epistemologia de Lakatos, em que foram apresentados aspectos para a discussão sobre a natureza da ciência por meio de pontos da cosmologia. Já no trabalho de 2015, eles abordam a teoria do Big Bang com enfoque

histórico, enfatizando que essa pode ser um excelente campo de conhecimento para se discutir questões sobre a ciência, precisamente sobre questões voltadas para a natureza da ciência. É um texto muito útil para ser trabalhado em atividades didáticas que tenham o foco de formação sobre a teoria do Big Bang.

- Outros trabalhos, como Soares (2012 e 2013), tratam de aspectos da história da cosmologia do século XX, com foco na cosmologia relativista ou o universo estático de Einstein. Já Waga (2005) descreve de forma sucinta os maiores avanços da cosmologia e apresenta as principais questões que ainda estão em aberto nesse início de século.
- Alguns destes trabalhos com enfoque histórico se destacam por enfatizarem críticas ao modelo padrão da Cosmologia (Big Bang) relatando dados recentes que conflitam com resultados esperados por esse modelo (Neves, 2000a e 2000b e Viglioni e Soares 2011).
- Júnior, Oliveira e Pereira (2017) apresentam um experimento que tinha como objetivo medir distância de estrelas, tanto para estrelas próximas, através da paralaxe, como para estrelas mais distantes, por meio da medida de fluxo luminoso.
- Goldfarb (1989), Neves (1998), Porto e Porto (2008), Porto (2009), Penereiro (2009) e Pereira (2011) abordam modelos cosmológicos na Grécia Antiga ou a época da “Revolução Copernicana”. Portanto distoam dos demais artigos analisados que abordam a cosmologia contemporânea, que se desenvolveu principalmente a partir do século XX. Com base em estudos dos pensamentos de Galileo, Penereiro (2009) apresentam discussões sobre o método científico. Estes artigos serviram de embasamento teórico para auxiliar no debate que foi desenvolvido na atividade 1, sobre os modelos de universo dos estudantes.

A inspiração em apresentar o paradoxo de Olbers a partir da dinâmica das lanternas, tópico debatido em nossa terceira atividade, veio do trabalho de conclusão de curso de Santos (2014), que usou a problematização inicial do paradoxo de Olbers, para debater sobre escalas de distância astronômicas, espectroscopia astronômica, redshift, lei de Hubble e a expansão do universo.

O livro de Martins (1994) *O universo: teorias sobre sua origem e evolução*, assim como as dissertações de mestrado de Bagdonas (2011); Skolimoski (2014) e as teses de doutorado de:

Bagdonas (2015) e Carvalho (2016), foram de grande relevância para a fundamentação teórica sobre cosmologia e também para um aprofundamento sobre tópicos relacionados a HFC.

Para ficar mais claro como todas as atividades da nossa Sequência Didática tiveram apoio nesta revisão bibliográfica, apresentamos abaixo o quadro 2, que reúne as temáticas e conteúdos de cada atividade, assim como o que foi investigado nas mesmas.

Quadro 2: As atividades e a HFC

| Atividade | O que foi pesquisado? | Relação com a HFC |
|---|--|--|
| 1ª Modelos de universo | Como o estudante pensa que é o universo? | Modelos cosmológicos mais primitivos/questões fundamentais (Como tudo surgiu? Por que surgiu?) |
| 2ª Viagens espaciais e ampliação da visão do universo | Com o uso dos vídeos sobre a estrutura do universo, quais as mudanças no modelo de universo de cada estudante? | A origem do universo/comparação entre a visão dos alunos sobre o método científico com ciência e religião. |
| 3ª O paradoxo de Olbers | Quais são as primeiras respostas que os estudantes buscam formular para o paradoxo de Olbers? | Parte de uma pergunta contemporânea e faz problematizações sem relação direta com HFC. |
| 4ª Primeiras hipóteses para resolver o paradoxo de Olbers | Qual a interpretação do estudante ao verificar que a construção de uma teoria científica apresenta controvérsias e não é realizada facilmente? | O processo de construção e elaboração de teorias. |
| 5ª A expansão do universo e a sua relação com o paradoxo de Olbers | Que visões de ciência os alunos demonstram ao longo das atividades? | Estereótipos mais comuns na ciência. Possíveis implicações para a construção de uma teoria |
| 6ª A lei de Hubble e o UGE (Universo da Gominha Esticada) | Após as atividades discutidas, o estudante identifica que o universo está em expansão? | O desenvolvimento da ciência e personagens que nem sempre são mencionados, mas foram relevantes no processo. |
| 7ª Estereótipos na ciência e a evolução histórica de uma teoria | Como os estudantes aceitam informações e notícias relacionadas a ciência, que são apresentados na mídia e em outros recursos de fácil acesso, como internet e livros? | Evolução histórica de uma teoria e a credibilidade oferecida a mesma |
| 8ª A expansão do universo por meio da história e filosofia da ciência | Como o estudante explica a constituição do universo após a realização de todas as atividades? O estudante verifica o estudo da cosmologia importante para a sociedade? | O conhecimento de episódios da história da cosmologia para uma compreensão mais aprofundada do desenvolvimento da Ciência. |

Fonte: da autora (2018)

Como pode ser visualizado no quadro acima, discussões deste tipo apresentam relações com as visões ingênuas da ciência, tópico que discutiremos a seguir.

2.3 Visões ingênuas da ciência

Muitos pesquisadores têm buscado empregar o estudo de episódios históricos para promover discussões sobre a “natureza da ciência” (FORATO,2009; BAGDONAS 2011, 2015; MOURA, 2014; VITAL E GUERRA, 2014; ROZENTALSKI, 2018). A definição empregada por boa partes destas pesquisas para este termo é a sugerida pelo educador estadunidense Norman Lederman, que designa natureza da ciência (NdC) como um conjunto de saberes e práticas envolvidas na construção do conhecimento científico, incluindo crenças e valores intrínsecos a esses processos (LEDERMAN, 1992).

Buscando promover discussões sobre a produção da ciência, os métodos utilizados, relações entre ciência e crenças, assim como o papel dos cientistas neste contexto, identificamos relações com o que o educador espanhol Gil-Perez et al. (2001) chama de visões ingênuas da NdC. Tais visões consolidaram-se ao longo de anos, tornando-se um estereótipo socialmente aceito.

Não pretendemos esgotar aqui essa diversidade de visões distorcidas sobre a ciência, pois sobre elas, já há uma vasta pesquisa. Por isso, ressaltamos as que apresentam uma relação direta com o trabalho que desenvolvemos:

- 1) Concepção empírico indutivista e ateórica: uma concepção que destaca o papel “neutro” da observação e da experimentação (não influenciadas por ideias apriorísticas), esquecendo o papel essencial das hipóteses como orientadoras da investigação, assim como dos corpos coerentes de conhecimentos (teorias) disponíveis, que orientam todo o processo;
- 2) Uma visão rígida, algorítmica, exata da prática científica, que se resumiria ao emprego de um suposto “método científico”, entendido como um conjunto de etapas que devem ser seguidas mecanicamente;
- 3) Uma visão aproblemática e ahistórica (portanto, dogmática e fechada): transmitem-se os conhecimentos já elaborados, sem mostrar os problemas que lhe deram origem, qual foi a sua evolução, as dificuldades encontradas etc., e não dando igualmente a conhecer as limitações do conhecimento científico atual nem as perspectivas que, entretanto, se abrem. Trata-se de uma concepção que o

ensino da ciência reforça por omissão, que transmite aos alunos conhecimento já elaborados; (...)

6) Uma visão individualista e elitista da ciência. Os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes... Em particular faz-se crer que os resultados obtidos por um só cientista ou equipe podem ser suficientes para verificar, confirmando ou refutando, uma hipótese ou toda uma teoria. Transmitindo-se assim expectativas negativas à maioria dos alunos, com claras discriminações de natureza social e sexual (a ciência é apresentada como uma atividade eminentemente “masculina”) (GIL PÉREZ et al, 2001, p.129).

Acreditamos que a partir de atividades sobre a HFC, visões ingênuas como essas, possam ser debatidas, tornando possível para a educação básica, uma abordagem para formar cidadãos críticos e integrados com o mundo e a realidade que vivem. Não acreditamos que o ideal seja simplesmente apresentar essas listas com as visões consensuais sobre ciência para os estudantes, de maneira até dogmática e sim, criar situações para que tópicos da mesma apareçam espontaneamente e possam ser debatidos (BAGDONAS, ZANETIC, GURGEL, 2014).

Buscamos neste trabalho o que é evidenciado por Vital e Guerra (2014, p.228) que “os alunos reflitam sobre limites e possibilidades do conhecimento científico, [de modo que] as salas de aulas de ciências precisam se tornar espaços de questionamento e não de transmissão unilateral conhecimento científico”.

Uma das atividades que realizamos e permite debates sobre as visões ingênuas da ciência, assim como o uso da HFC é o texto: *As estrelas do céu de Mariana*, apresentado a seguir.

2.4 HFC e visões ingênuas da ciência no texto: *As estrelas do céu de Mariana*

No texto: *As estrelas do céu de Mariana*, que apresentamos a seguir, pontuamos sobre a HFC nele presente, assim como as visões ingênuas que o mesmo permite debater. Ressaltamos que inicialmente este texto foi apresentado para os/as estudantes em duas partes, porque havia uma atividade que intercalava os textos, só que a mesma não foi realizada⁸. Por este motivo,

⁸ Inicialmente a Sequência Didática havia ficado muito mais extensa. À medida que a reformulava, algumas atividades saíram e outras mudaram de local. A atividade que intercalava os textos abordava sobre as estrelas de uma forma geral, incluindo procedimentos para contá-las. Parte desta atividade, a que estava relacionada a medidas de distâncias das estrelas até nós, foi adaptada para a versão em que desenvolvemos, mais precisamente a atividade 2.

apresentamos o texto aqui de forma contínua e não identificamos o seu tamanho como um empecilho a ser trabalhado em sala de aula.

Para introduzir os tópicos que queremos discutir nesta seção, fragmentamos o texto em partes.

As estrelas do céu de Mariana

Primeira parte: Apresentamos a personagem central do texto: Mariana. Diferenciamos os termos enigma e paradoxo e por meio das questões propostas buscamos verificar se essa diferença ficou clara para o/a leitor/a. Ressaltamos que ao longo do texto colocamos o que chamamos de: *Uma pequena pausa*. Elas são utilizadas para promover um diálogo entre os estudantes e professora com o próprio conteúdo, além de auxiliar na interpretação.

Mariana é uma estudante muito curiosa, na verdade sempre o foi. Ela está de férias e ansiosa para as aulas começarem. Ela já está cursando o ensino médio.

Curiosidade sempre foi o seu forte, vivia perguntando o porquê disso e o porquê daquilo, sem falar dos experimentos que adorava inventar ou reproduzir, principalmente os de seu canal favorito: Manual do Mundo, que ela segue no Youtube. Sua mãe sempre que sentia falta de certas coisas de cozinha ou da casa em geral, não era por que havia colocado em algum local diferente, e sim, porque estavam com Mariana, em seus experimentos malucos. Sua mãe sempre lhe dizia:

- Ahhhh Mariana, Ehhhhh Mariana, Ihhhhh Mariana, Ohhhhh Mariana, Uhhhhh Mariana....desde que você não exploda nada, pode brincar de cientista o tanto que quiser minha filha, só não se esqueça de colocar as coisas que pega de volta no lugar, ou pelo menos os restos delas.

Quando Mariana não estava “brincando” de cientista, estava lendo o livro que ganhará recentemente no Natal, chamado: A escuridão da noite- Um enigma do Universo de Edward Harrison. Já o título lhe chama muita atenção, ainda mais pela palavra enigma. Em um dos seus seriados favoritos, Gotham, há um personagem que se chama Enigma, ele vive propondo charadas para que os seus colegas de trabalho tentem responder. Será que um enigma está relacionado com isso?

No livro diz que: enigmas podem ser quebra-cabeças, problemas ou paradoxos. Em geral podem ser expressos na forma de perguntas, como o famoso enigma que a Esfinge propôs a Édipo: “O que é que caminha com quatro pernas de manhã, com duas à tarde e com três à noite?” Édipo decifrou o enigma respondendo: “O homem engatinha quando criança, caminha ereto na maturidade e apoia-se num cajado quando velho”. Enfurecida, a Esfinge lançou-se de um penhasco, e Édipo, para sua desgraça, tornou-se rei de Tebas. Enigmas também podem ser afirmações. Mas o que seria um paradoxo?

Os paradoxos consistem em proposições contrárias aos fatos conhecidos ou às opiniões vigentes. Um paradoxo é uma declaração aparentemente verdadeira que leva a uma contradição lógica, ou a uma situação que contradiz a intuição comum. Em termos simples, um paradoxo é "o oposto do que alguém pensa ser a verdade". Surpreendem-nos pelo contraste e a contradição. Exemplo disso está nos paradoxos do filósofo Zenão, que consiste em argumentos que têm como objetivo provar a inconsistência de alguns

conceitos como a divisibilidade, movimento e multiplicidade. Um dos mais conhecidos é a corrida entre Aquiles e uma tartaruga. Neste paradoxo, a tartaruga tem um avanço em relação a Aquiles, e este nunca consegue alcançar a tartaruga, porque quando Aquiles chega ao ponto do qual a tartaruga partiu, esta já se adiantou. Por exemplo, a tartaruga começa a corrida 100 metros adiantada. Quando Aquiles chega ao ponto de onde a tartaruga partiu, ela já se adiantou mais 10 metros. Quando Aquiles avança esses 10 metros, a tartaruga já se adiantou 1 metro, e assim infinitamente em distâncias infinitamente mais curtas. Aquiles nunca conseguia ultrapassar a tartaruga, como pode ele vencer a corrida? Isso é um enigma; é também um paradoxo, porque é um fato óbvio para todos, que objetos que se movem rapidamente ultrapassam os que se movem lentamente. O famoso paradoxo de Zenão contraria o senso comum, mas não é de modo algum absurdo, o que está em questão é o propósito de desacreditar o conceito de movimento contínuo. Todos os paradoxos são enigmas, mas nem todos os enigmas são paradoxos.

Mas, engraçado, pensou Mariana, a noite não parecia ter nada de enigmático no sentido da sua escuridão, afinal, a noite é escura pois o Sol já se pôs e ilumina agora a outra face da Terra. Isso de certa forma fez com que Mariana tivesse mais pressa ainda em ler o livro, pois o título do mesmo já estava se tornando um paradoxo para ela.

Logo nas primeiras páginas ela se depara já com duas interpretações interessantes para a escuridão da noite:

I) Céu recoberto- As lacunas escuras estão repletas de estrelas que, por razões enigmáticas, permanecem invisíveis e nesse caso temos que explicar a ausência da luz das estrelas.

II) Céu não recoberto- As lacunas escuras estão em grande parte vazias de estrelas e nesse caso temos que explicar esse vazio

1) Uma pequena pausa....

a) Qual das duas interpretações pode ser considerada como um paradoxo?

b) Qual delas faz mais sentido para você e por quê?

Segunda parte: Os primeiros personagens históricos aparecem: Kepler, Giordano Bruno e Galileu. Os artigos de: Goldfarb (1998), Penereiro (2009) e Porto (2008, 2009), auxiliaram nesse processo, pois descrevem modelos cosmológicos mais antigos, como o geocentrismo e o heliocentrismo. Por meio deste trecho foi possível introduzir discussões sobre ciência e religião.

O interessante é que Mariana percebeu que ambas interpretações traziam consigo explicações de cientistas, mas existiria uma correta? Ela adentrou um pouco mais na leitura, personagens como Kepler, Galileu, Olbers entre outros defendiam suas respectivas opiniões. O sono chegava e olhando para o céu, que estava bem estrelado para uma noite de dezembro, Mariana pensou o quão interessante seria se houvessem muitas, muitas estrelas, infinitas, a ponto da noite não ser escura e sim clara, um céu todo claro, mais claro que o dia. Ela adormece, mas seus pensamentos não, o seu sonho se torna uma mistura de tudo que acabara de ler, como se todos os personagens fossem contemporâneos e estivessem dialogando entre si.

- Engraçado como essa ideia do infinito pode parecer estranha para muitos, não é mesmo menina?

Mariana olha ao seu lado. Quem lhe dirigia a palavra? Era alguém cuja imagem já fora estampada em muitos livros, seu nome era Giordano Bruno.

- Por muito tempo tive dificuldades em imaginar o infinito, e você garotinha? Se és esperta como parece, saberás me responder: o que acontece com uma lança arremetida através do limite do universo?
- Não perturbes a pobre criança Giordano Bruno, parece que esqueces que a Inquisição está de olho em nós. Deixe que a menina se aproxime de mim, tenho certeza que ficará maravilhada com o este instrumento ótico que criei, ou melhor, a minha ideia adaptada para uma luneta, algo que vocês também podem chamar de telescópio. Com ele você será capaz de visualizar miríades de novas estrelas.
- Miríades? Retrucou Mariana.
- Sim. Miríades significa dez mil. Imagine quantas estrelas você consegue observar com este meu instrumento? Foi também através dele que descobri as montanhas na lua, quatro luas de Júpiter (Io, Europa, Ganimedes e Calisto). Para qualquer parte da Via Láctea que você aponte o telescópio, verá uma grande multidão de estrelas. Muitas delas são grandes e bastante brilhantes, ao passo que o número das menores é, de longe, incalculável.
- Miríades? Incalculável? Você não está se confundindo caro Galileu? Interpelou Kepler
- Claro que não, veja com os seus próprios olhos Kepler.
- Não, obrigado. A simples cogitação disso traz consigo não sei que horror secreto, oculto; de fato nos vemos então vagando nessa imensidão, a que são negados limites e centro, e, portanto, quaisquer lugares determinados. Escrevi isso em meu livro: *A nova estrela* (1605)

2) Uma pequena pausa....

a) Leia os trechos abaixo extraídos de reportagens online referentes a Giordano Bruno:

Ele propôs a existência de outros planetas e possivelmente outras civilizações no Cosmos. O que gerou, para a Igreja, o curioso problema de ter de haver muitos Cristos, “O papa fez seu apelo em uma carta lida durante uma entrevista coletiva convocada para o lançamento de um livro sobre a Inquisição. Ele repetiu uma frase de um documento de 2000, no qual pela primeira vez o papa pediu perdão pelos “erros cometidos a serviço da verdade por meio do uso de métodos que não têm relação com a palavra do Senhor”. A declaração refere-se à tortura, aos julgamentos sumários, às conversões forçadas e às fogueiras nas quais eram queimados os acusados de heresia.)⁹

a) Pergunta-se: poderia então se afirmar que Ciência e Religião são visões totalmente antagônicas?

b) Seria impossível para um religioso se tornar cientista, na sua opinião?

Terceira parte: Apresentamos termos mais técnicos como linha de visada e limite de fundo e buscamos explicá-los com o análogo de uma floresta recoberta com árvores, ampliando este modelo, posteriormente, para um universo cheio de estrelas. As teorias de Halley, Chéseaux e

⁹ As reportagens estão nos respectivos endereços eletrônicos:

Você sabia? A Igreja reconheceu que errou ao condenar Galileu? Disponível em:

<<https://noticias.terra.com.br/educacao/voce-sabia/voce-sabia-a-igreja-reconheceu-que-errou-ao-condenar-galileu.400811f48735b310VgnCLD200000bbcceb0aRCRD.html>> Acesso em 24 de setembro 2018.

João Paulo 2º pede desculpas pela Inquisição. Disponível em:

<<https://www1.folha.uol.com.br/foha/mundo/ult94u73742.shtml>> Acesso em 24 de setembro de 2018

Olbers são exploradas. Utilizamos como referência desse trecho, Soares (2016) e Harrison (1995).

Kepler continua a sua fala:

- *Em um outro livro meu, A nova astronomia, escrevi que se as estrelas parecem ter mais ou menos o mesmo tamanho, embora difiram na magnitude de seu brilho, elas não podem estar a diferentes distâncias- estão todas a uma distância quase igual e têm diferentes brilhos intrínsecos.*

- *Parece que minha teoria pode complementar a sua Kepler, sou o Otto Von Guericke e acredito que: Só Deus e o espaço podem ser infinitos, e o cosmo estrelado, ainda que possa ser imerso, é finito em tamanho.*

Em 1721, o enigma da escuridão cósmica, desafiava todos os que acreditavam num universo de estrelas sem fim.

- *Meus caros, disse Halley, um outro cientista da época. As estrelas mais distantes, e aquelas próximas das mais distantes, desaparecem mesmo no mais sensível telescópio, em razão de sua extrema pequenez. Assim, ainda que algumas dessas estrelas estejam realmente em tal lugar, seus raios não são suficientes para atingir nossos sentidos, mesmo com o auxílio de qualquer recurso, da mesma maneira que uma pequena estrela fixa telescópica não é de modo algum perceptível a olho nu. O universo deve ser cheio de muitas cascas, umas se sobrepõem às outras, como uma cebola cheia de cascas, logo, se pensamos em grandes esferas imaginárias e a terra no centro, à medida que o raio da esfera aumenta, o número de estrelas na casca também aumenta, mais em relação a luz? Será que ela diminui devido a distância? Chamamos isso de linha de visada, em qualquer lugar que olhemos, deveria existir uma estrela, se considerarmos as várias cascas em volta da Terra. Estes dois efeitos, as estrelas aumentando e a luz de cada diminuindo, compensam-se um ao outro e todas as camadas contribuem com iguais quantidades de luz.*

Kepler pergunta:

- *Halley, estou intrigado, se o universo de espaço sem fim contém um número infinito de cascas, deveríamos receber uma quantidade infinita de luz estelar, não é mesmo?*

Figura 1- Representação esquemática de uma fonte de luz pontual e de cascas esféricas concêntricas¹⁰



¹⁰ Fonte: Por que o céu é escuro a noite? <http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/olbers.htm> Acesso em 24 de set. 2018

- *Permita-me entrar na conversa, disse Chéseaux. Adicionando cascas, uma após outra, acabamos por atingir um fundo, ou limite de corte, em que o céu está completamente recoberto por discos de estrelas. Deste modo, muito pouca luz estelar proveniente de cascas mais distantes chegaria até nós.*
- *Mas, qual seria a distância que somos capazes de ver num universo que contém estrelas que se espalham por distâncias infinitas? Perguntou Mariana a Chéseaux.*
- *Bom, imagine que estamos em uma floresta, com árvores altas e bem espaçadas, como a desta fotografia:*

Figura 2- Floresta de eucalipto de uma agroindústria¹¹



Chéseaux continua :

- *Ao observarmos uma mata, um bosque, ou uma floresta densamente povoados de árvores, pode ocorrer que a nossa visão seja impedida de penetrar além de determinada distância. Esta distância é chamada de “limite de fundo” ou “distância de recobrimento”, e é um conceito importante também na discussão da questão da escuridão do céu noturno.*
- *Ainda não entendi onde você quer chegar?*
- *Calma Mariana. Substitua os troncos por estrelas ou galáxias, e teremos a analogia completa para verificar se teremos um céu recoberto de estrelas ou galáxias, ou um céu escuro, com estrelas e galáxias espalhadas na escuridão. As árvores visíveis para nós, que talvez cheguem a centenas, se sobrepõem umas às outras e se fundem num fundo contínuo.*
- *Mas é possível saber a que distância podemos ver numa floresta?*
- *Sim, claro! A medida que olhamos em nossa volta, vemos uma distância média em todas as direções, em algumas, a linha de visada intercepta as árvores mais próximas, em outras conseguimos penetrar até o fundo da floresta, mas, no geral, chegaremos a um limite de fundo.*

¹¹ Fotografada ao longo da estrada que liga Pitangui a Martinho Campos na região centro-oeste de Minas Gerais. Na direção da visada o limite de fundo não foi atingido, a floresta não está encoberta. Fonte: SOARES, D. A floresta encoberta. 2016. Disponível em: <<http://lilith.fisica.ufmg.br/~dsoares/extn/flrst/flrst.htm>> Acesso em 24 de setembro de 2018.

- Mas como é possível calcular este limite de fundo?

- O cálculo do limite de fundo de uma mata é muito simples. Precisamos escolher uma floresta apropriada e obter os seguintes dados:

- a largura média dos troncos L .
- a área média ocupada por uma árvore A .

O limite de fundo é dado por $L_{\text{fundo}} = A/L$. Se o tamanho do bosque for maior que L_{fundo} , então nossa visão será obstruída ao olharmos o bosque. Caso contrário, veremos ao fundo troncos espalhados na claridade externa. É como se fosse um “negativo” do caso da escuridão do céu noturno.

- Como isso se aplica às estrelas? Ao universo?

- O universo é como uma floresta estrelada, contudo, muito estranhamente não conseguimos ver um fundo contínuo de estrelas. Vamos supor que as estrelas sejam mais ou menos iguais por toda parte e que também estão distribuídas uniformemente por todo o espaço ilimitado. As estrelas que estão mais próximas, tendem ligeiramente a obstruir nossa visão de estrelas mais distantes. E fazendo algumas comparações com o caso da floresta de árvores é possível chegar em uma expressão matemática para o número de estrelas visíveis. Pense em uma multidão de pessoas, a ideia continua sendo a mesma ainda

Figura 3: Quadro Operários de Tarsila do Amaral (1933)¹²



¹² Fonte: Disponível em: <<http://tarsiladoamaral.com.br/obra/social-1933/>> Acesso em 24 de setembro de 2018

Uma pequena pausa na leitura e uns cálculos simples ilustram o que foi dito:

Imaginem a floresta da fotografia, existem muitas árvores, distribuídas mais ou menos uniformemente, por todo o lado. Suponhamos ainda que cada árvore possui uma largura média igual a "L" - 20 cm por exemplo. E que as árvores estejam separadas umas das outras por uma distância média "d" -- 2 metros, por exemplo. Cada árvore ocupará, portanto, uma área média total "A", igual a d vezes L, o que no nosso exemplo corresponderá a 4 metros quadrados. É relativamente fácil mostrar, teoricamente, que o observador não conseguirá enxergar nada além de uma distância "L_{fundo}" igual a A/L. A sua linha de visão sempre encontrará um tronco de árvore, se a floresta possuir uma extensão maior do que L_{fundo}.

Teremos, portanto, em nosso exemplo acima, que, além de uma distância de $4/0,20=20$ metros, a nossa visão será obstruída pelo que poderemos chamar de um "muro" de troncos de árvores. Esta distância é chamada de "distância de recobrimento", ou, "limite de fundo". A previsão teórica pode facilmente ser verificada numa floresta de verdade! E funciona!

O resultado $L_{\text{fundo}}=A/L$ é fisicamente bastante razoável: se a área média ocupada por uma árvore é pequena, intuitivamente, percebemos que a distância de recobrimento deve ser pequena também - a floresta é muito densa; intuitivamente, também, percebemos que, se os troncos das árvores forem muito grossos, será menor a distância de recobrimento. Em linguagem matemática, dizemos que a distância D é diretamente proporcional à área ocupada por uma árvore e inversamente proporcional ao diâmetro da árvore.

3) Uma pequena pausa....

- a) O que você entendeu por limite de fundo? E linha de visada?
- b) No quadro de Tarsila de Amaral, como você faria para definir um limite de fundo?

Chéseaux diz a Mariana:

- Veja a floresta na figura abaixo, ela não é grande o suficiente para que vejamos um "muro" de troncos ao fundo. Podemos discernir claramente faixas do céu. Se a floresta fosse mais densamente povoada de árvores e se os troncos fossem mais largos, a visão do céu de fundo poderia, eventualmente, ficar completamente bloqueada.

Figura 4: Floresta não recoberta¹³



Quarta parte: Abordamos o suposto problema para um céu com infinitas estrelas: um céu infinitamente quente. Neste trecho podemos discutir sobre as falhas que cientistas renomados/as da época apresentaram, debatendo uma visão individualista da ciência, como citado por Pérez (2001). Aproveitamos para abordar sobre algumas questões fundamentais.

- Ainda não estou muito convencido com essa solução, escute-me agora menina, disse Olbers. Será o espaço não infinito? Podemos conceber limites para ele? E será concebível que o Criador tivesse deixado vazio esse espaço interminável? Veja, se realmente há sóis por todo o espaço infinito, e se eles estão a iguais distâncias uns dos outros, ou agrupados em sistemas como o da Via Láctea, seu número deve ser infinito e toda a abóbada celeste se mostrará tão brilhante como o Sol, pois cada linha que possamos imaginar traçada a partir de nossos olhos levaria necessariamente a alguma estrela fixa, e, portanto, a luz estelar, que nos atingiria de todos os pontos do céu.

- Mas o céu com muitas estrelas não seria algo como um super verão ou um forno onde minha mãe coloca as quitandas para assar? Perguntou Mariana.

De repente Mariana acorda, a luz solar já aquecia o seu quarto e ela fica imaginando a resposta para essa pergunta, sua mãe a chama, está na hora do café da manhã.

4) Uma pequena pausa...

¹³ Fonte: SOARES, D. A floresta encoberta. 2016. Disponível em: <<http://lilith.fisica.ufmg.br/~dsoares/extn/flrst/flrst.htm>> Acesso em 24 de setembro de 2018

- a) Qual resposta você formularia para a última questão que Mariana fez?
b) Com suas palavras, como a explicação de Chéseaux faz sentido sobre as estrelas?

Assim que Mariana tomou o seu café da manhã, foi para a rede da varanda e ficou observando o céu, as nuvens, o sol, pensando em perguntas fundamentais sobre a existência, coisas que normalmente todo ser humano já pensou, perguntas do tipo: como surgiu o Universo? Por que ele deve existir? Ele vai sempre existir? Qual o meu lugar no Universo?

5) Uma pequena pausa... *Quais as suas respostas para as perguntas ditas fundamentais que estão no parágrafo acima?*

Ainda não tinha respostas para muitas destas perguntas, e talvez nunca teria, mas uma coisa tinha certeza: estava fascinada com tudo que lera no livro de Harrison sobre a escuridão da noite, tanto que até sonhou com isso na noite anterior, mas ainda não tinha respostas para a pergunta: O céu com muitas estrelas não seria uma fornalha incandescente? Pela leitura conseguiu compreender que na época de Chéseaux e Olbers, os astrônomos eram incapazes de avaliar que, num universo com um céu iluminado, as condições seriam semelhantes às de um forno de alta temperatura. Hoje compreendemos que o Sol é brilhante porque tem uma temperatura de 6000K. Logo, Mariana pensou:

- Como é possível calcular a temperatura de uma estrela? As estrelas possuem várias cores? Deixou essas indagações temporariamente e retornou a leitura. Já eram muitas perguntas sem respostas, mas o enigma da escuridão noturna ainda a intrigava.

Chéseaux e Olbers apresentavam a explicação de que o céu é escuro a noite porque o meio absorve toda a radiação, mas se assim o fosse, o meio absorvente logo se aqueceria e atingiria a temperatura característica das superfícies das estrelas, logo o meio passaria a radiar a mesma quantidade de energia que absorve.

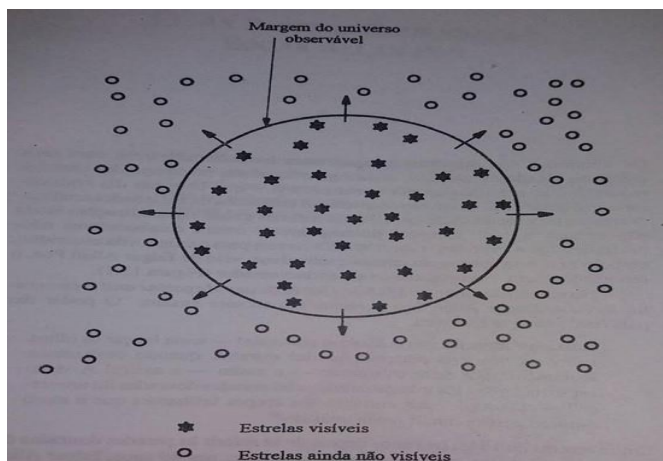
6) Uma pequena pausa... *Qual a falha na explicação da escuridão da noite apresentada por Chéseaux e Olbers?*

Quinto trecho: Indiretamente apresentamos uma das justificativas para a escuridão noturna, a expansão do universo. Não entramos em detalhes e apenas citamos o desvio espectral das estrelas em relação a nós como uma justificativa. A primeira resposta ao enigma surgiu com o poeta Edgar Allan Poe, o que nos permitiu debater sobre outras visões ingênuas da ciência, evidenciando o papel das hipóteses para a criação de uma teoria, destacando a não necessidade de um suposto método científico, a relação entre ciência com pessoas que não são necessariamente cientistas e também a importância em se transmitir os conhecimentos mostrando a sua evolução e dificuldades encontradas.

Mariana ainda está em uma rede na varanda de sua casa, onde lê o livro e observa o céu, engraçado que ela está na metade do livro e ainda não conseguiu uma resposta que a satisfaça, ainda mais quando pensava na hipótese de um céu cheio de estrelas, ou melhor, com infinitas estrelas e uma noite escura. Ela já sabia por meio da sua leitura que um cientista chamado Huggins em 1868 conseguiu medir a velocidade radial das estrelas em seus movimentos de afastamento e de aproximação com relação a nós, e pouco antes, em 1843, Christian Doppler sugeria que as estrelas mostram uma alteração no espectro quando se movimentam. Há um desvio em direção ao azul quando se aproximam e em direção ao vermelho quando se afastam., que ficou conhecido no século XIX como efeito Fizeau-Doppler, e hoje é chamado, menos justificadamente, de efeito Doppler, mas isso seria objeto posterior no estudo de Mariana, no momento ela se preocupava em responder o enigma que ainda estava em aberto. O sono retorna, ela resolve tirar um pequeno cochilo.

- Cara senhorita, não sou cientista, sou poeta, deixe-me apresentar: sou Edgar Allan Poe e olhar para as estrelas me faz pensar em como é propícia a escuridão da noite para os enamorados e para admirarmos a lua, mas, intriga-me o fato dela ser escura e não clara. Veja o que escrevi sobre isso ao pensar sobre o infinito, assim como o amor o é: Se a sucessão de estrelas fosse infinita, o fundo do céu nos apresentaria uma luminosidade uniforme, como exibida pela galáxia- uma vez que não poderia haver absolutamente nenhum ponto, em todo esse fundo, em que não existiria uma estrela. Nessas condições, o único modo como poderíamos compreender os vazios que nossos telescópios encontram em inúmeras direções seria, portanto, a suposição de que a distância do fundo invisível é tão imensa que nenhum raio de luz vindo dele conseguiu nos atingir até agora. Como a representação da figura abaixo:

Figura 5: O limite externo da esfera de estrelas visíveis- o horizonte ou margem do universo visível- afasta-se com velocidade da luz¹⁴



- Eureka! disse Mariana.

- Sim, esse é meu livro que pensei que iria revolucionar o mundo da Física e Metafísica.

¹⁴ Fonte: Harrison (1995), p.173.

- Não, poeta, não era ao livro que me referia, mas o fato de você ser o primeiro a apresentar uma justificativa plausível para este enigma que durou séculos.

- Sim senhorita!

- Instigante, fascinante, respondeu Mariana.

Edward Fournier d'Albe entra na conversa:

- Se o Universo começou no passado finito, não somente uma parte finita é visível; o restante- a parte situada além de certa distância- não pode ser vista porque a luz proveniente dela ainda não teve tempo para chegar até nós. À medida que a idade do Universo aumenta, porém, vemos mais dele. O Universo visível é limitado por um horizonte que recua na velocidade da luz e a parte acessível à observação se torna cada vez maior.

- Seria essa a única solução? Perguntou Mariana, que logo se virou para ver quem lhe dirigia a palavra. Nada menos que Lorde Kelvin:

- Consigo sintetizar anos de estudos voltado para o enigma da escuridão da noite da seguinte forma: seja o universo eterno ou finito em idade, a condição geral para um céu estrelado escuro pode ser formulada com simplicidade; o tamanho do universo visível é necessariamente menor que o limite do fundo.

- Você consegue me dar um exemplo de como isso pode ser aplicado, Lorde Kelvin?

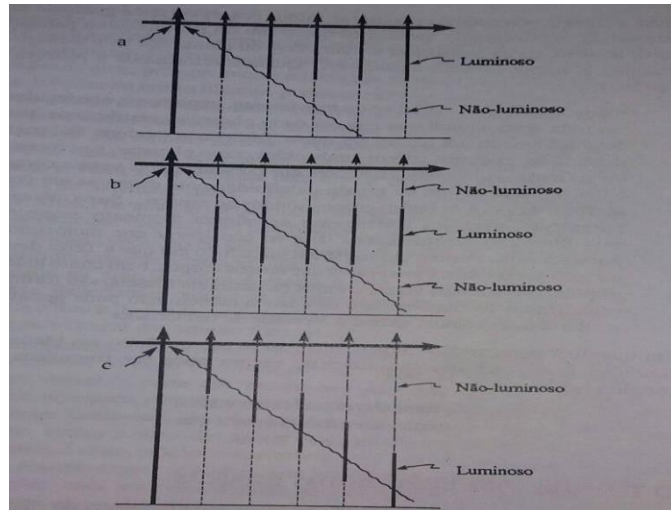
- Sim, claro, veja senhorita: quando consideramos a aglomeração de estrelas para formar galáxias, verificamos que o limite de fundo está próximo de 100 bilhões de trilhões de anos-luz (1 seguido por 23 zeros). Mas as estrelas que brilharam por mais tempo não podem ser mais velhas que o universo, e provavelmente não são mais velhas que as galáxias, o que nós dá portanto, em números arredondados, uma idade de 10 bilhões de anos. Só para fins de cálculo, sejamos generosos e suponhamos que todas as estrelas têm 10 bilhões de anos de idade. Assim, o universo visível tem aproximadamente um tamanho de 10 bilhões de anos luz. Com esses números, descobrimos que apenas um décimo de trilionésimo (10 bilhões divididos por 100 bilhões de trilhões) do céu é coberto por estrelas. Para recobrir o céu de estrelas de tal modo que cada ponto seja tão brilhante como o Sol, precisamos reduzir o limite de fundo para menos de 10 bilhões de anos-luz.

- Mas as estrelas um dia morrem, o que acontecerá? Perguntou Mariana

- As estrelas com tempo de vida luminoso relativamente curto podem ser artificialmente dispostas para gerar um céu resplandecente, como nesta figura. Repare menina, que no primeiro desenho, a) temos um universo newtoniano, em que as estrelas começam a brilhar por toda parte no mesmo instante. É como um observador que olha no espaço além do horizonte do universo visível, para um tempo anterior ao momento em que as estrelas se tornaram luminosas. No segundo desenho, obtemos um universo similar, em que as estrelas estão todas mortas. Perto do observador elas são não-luminosas; mais longe, parecem luminosas, como eram no passado, e mais longe ainda voltam a parecer não luminosas. No último desenho, o c), temos um universo em que as estrelas começam a brilhar em tempos progressivamente

mais remotos à medida que estão mais afastadas do observador. Com esse arranjo improvável, o observador veria o céu recoberto de estrelas.

Figura 6: Modo de arranjar as estrelas para que um observador veja um céu resplandecente¹⁵



Foi então que Mariana conseguiu conectar tudo e disse:

- Kelvin conseguiu mostrar por meio de cálculos detalhados, que não só a velocidade finita da luz era um ingrediente importante na solução do enigma, algo que concorda como que Poe havia dito anteriormente por meio de suas especulações, mas que também a existência finita das estrelas era fundamental.

Mariana agora se via viajando por um universo em expansão, voava como um pássaro, não sabia como, apenas voava e observava algo que foi surpreendente em meados da década de 1920: as galáxias estavam em movimento, afastando-se tanto mais rapidamente quanto maior era sua distância de nós, foram muitos cientistas que contribuíram para a ideia de expansão do Universo, mas neste momento em especial ela só queria viajar e viajar.

Uma pequena pausa... Há muitas explicações possíveis, que foram consideradas para responder o enigma da escuridão noturna. Abaixo citamos algumas. Analise cada uma e, com base no que foi estudado, argumente a favor ou contra sobre cada uma delas:

- a) Há muita poeira para se ver as estrelas distantes;
- b) O universo tem apenas um número finito de estrelas;

¹⁵ Harrison (1995), p.189.

c) A distribuição das estrelas não é uniforme. Então, poderia haver uma infinidade de estrelas. Elas se escondem atrás umas das outras para que apenas uma finita área angular seja aberta por elas;

d) O Universo está se expandindo, então, as estrelas distantes estão se avermelhando na obscuridade;

e) O Universo é jovem. A luz distante ainda não chegou até nós.

Ao longo do capítulo 2, apresentamos elementos da HFC que podem ser debatidos em sala de aula pelo o estudo da cosmologia. Um exemplo que citamos foi o texto da Mariana. Percebemos que este texto pode ser adaptado, dependendo do foco da discussão que se pretende estabelecer. Como são muitos personagens e fatos ocorridos ao longo do texto, para uma nova aplicação não iria intensificar o debate sobre o limite de fundo e linha de visada, o faria de forma mais simplificada. Também iria tirar a parte inicial do texto, que define a diferença entre enigma e paradoxo. Essas partes poderiam ser complementares, para quem tivesse interesse em ler mais sobre o assunto.

O texto e demais atividades que elaboramos podem ser mais explorados, como sugerido em nosso produto educacional. No próximo capítulo abordamos sobre a nossa pesquisa, como a mesma foi desenvolvida e os resultados encontrados.

3 INVESTIGAÇÕES NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Neste capítulo apresentamos uma análise de uma sequência de ensino e aprendizagem sobre cosmologia, que foi desenvolvida após algum período de estudo da docente. Os estudos iniciais estavam relacionados a um conhecimento geral do tema. Por meio deste estudo, consideramos interessante utilizar o paradoxo de Olbers para debater sobre assuntos relacionados ao universo. Logo, as atividades que foram desenvolvidas estão relacionadas diretamente com o mesmo.

3.1 A estrutura didática da sequência- Os três momentos pedagógicos

Vários estudiosos da área de ensino e aprendizagem da Física defendem o planejamento e desenvolvimento de atividades que não se resumam àquelas que tradicionalmente esbarram simplesmente na resolução de problemas.

Pesquisadores e estudiosos do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP), por volta de 1975, comungavam destas ideias e discutiam uma proposta para o ensino de Ciências

que tinha, entre seus objetivos, a compreensão do mundo físico em que o estudante vivia (MENEZES,1988,1996 citado em DELIZOICOV, MUECHEN, 2012, p.213). Dentre os participantes dos encontros/discussões, estavam os professores Luís Carlos de Menezes, João Zanetic e os então alunos de pós-graduação Demétrio Delizoicov e José André Angotti (PIERSON, 1997 citado em MUECHEN, DELIZOICOV, 2012, p.203).

O grupo apresentava uma familiaridade em sua discussão com a concepção educacional do educador, pedagogo e filósofo brasileiro Paulo Freire (1921-1997). Os três momentos pedagógicos (3MP) são uma transposição da concepção de Paulo Freire para a educação escolar e teve como referência três projetos: um desenvolvido na África e dois no Brasil.

A proposta dos três momentos pedagógicos, que inspirou nosso trabalho, é sugerida pelos professores brasileiros: Demétrio Delizoicov Neto, com ênfase em ensino aprendizagem; José André Peres Angotti, com ênfase em Educação Científica e Tecnológica, e Marta Maria Castanho Almeida Pernambuco, que possuía experiência na área de Educação e atuou nos temas: formação de professores, Paulo Freire, dialogicidade, educação do campo, ensino de ciências naturais e educação ambiental.

Essa transposição veio da motivação em utilizar ou adaptar essa prática a um contexto de educação formal em Ciências. A primeira adaptação foi feita por Delizoicov e Nadir Castilho, seguidos por José André Angotti e Isaura Simões, adotando uma concepção freireana em um contexto de educação formal.

Delizoicov e Angotti, em seus trabalhos de mestrado (1982) analisaram essa proposta no projeto: “Formação de professores de Ciências Naturais”. Destaca-se que o contexto da implementação deste projeto estava relacionado em garantir a escolarização básica de seis anos para todas as crianças e adolescentes do país e preparar os jovens para a vida nas comunidades rurais.

Com o desenvolvimento do Projeto de Ensino de Ciências Naturais na Guiné-Bissau (DELIZOICOV, 1980; ANGOTTI, 1981), foi possível estabelecer o que hoje se denomina de 3MP, inicialmente denominado “roteiro pedagógico” (DELIZOICOV, 1982, 1991 citado em DELIZOICOV, 2014, p.204). O roteiro inicial passou por várias transformações e também por

contribuições de outros pesquisadores da área de ensino de Física, mas sempre manteve sua conexão com a proposta inicial do educador Paulo Freire.

Ressaltamos sobre essa conexão, a dialogicidade e a problematização, que é parte constituinte das concepções teóricas compartilhadas pelo grupo. Isso é algo que pode ser verificado o projeto que foi desenvolvido no Rio Grande do Norte por Pernambuco e Dal Pian e, posteriormente, no trabalho desenvolvido na Secretaria Municipal de Educação da cidade de São Paulo, quando Alice Pierson e João Zanetic juntaram-se aos integrantes do grupo dos 3MP.

Ao longo dos anos, os 3MP foram sendo revistos e extrapolaram sua utilização inicial, tornando-se um parâmetro para o processo como um todo, fundamentalmente pelo aspecto dinâmico. Percebe-se que a participação do estudante e o seu cotidiano assumem um papel de destaque na prática educativa que utiliza os 3MP, proporcionando à educação um avanço no que se refere ao ensino tradicional.

Na dinâmica dos 3MP, apresentam-se os assuntos não como fatos a memorizar, mas como problemas a serem resolvidos, propostos a partir da experiência de vida dos educandos. A problematização, os temas geradores, enfim, todo o arsenal freireano foi retrabalhado em estratégias específicas, e reinventado para um desenvolvimento regular no ensino de ciências de uma escola.

A problematização é um aspecto importante no desenvolvimento dos 3MP. Sobre ela podemos sintetizar:

- 1) A escolha e formulação adequada de problemas, que o estudante não se formula, de modo a permitir um novo conhecimento. Problemas que gerem no estudante a necessidade de apropriação do conhecimento.
- 2) Um processo em que o/a professor/a dialogue com os conhecimentos prévios dos estudantes, promove uma discussão em sala de aula buscando encontrar contradições e limitações dos conhecimentos apresentados pelos estudantes

A proposta que utilizamos em nosso trabalho, pode ser esquematizada como sugerido no trabalho de Muenchen e Delizoicov (2014, p.620):

- *Problematização inicial:* São apresentadas situações reais que os/as estudantes conhecem, que se envolvam pelo tema e que necessite de conhecimentos contidos na Física para interpretação. Caracterizado pela apreensão e compreensão da posição dos alunos frente a questão, o professor se volta para questionar posicionamentos, deseja-se aguçar explicações contraditórias e localizar possíveis limitações do conhecimento que vem sendo expresso. O ponto auge ocorre quando, desta problematização, o/a estudante sinta a necessidade de aquisição de outros conhecimentos.
- *Organização do Conhecimento:* Os conhecimentos selecionados como necessários para responder a problematização inicial são estudados sob a orientação do/a professor/a. Várias atividades são realizadas, de modo que se possa propiciar a conceituação física identificada como fundamental para uma compreensão científica das situações que estão sendo problematizadas.
- *Aplicação do Conhecimento:* Abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, explora-se o potencial explicativo e conscientizador das teorias físicas. Logo, a:

(...) aplicação do conhecimento destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo, como outras situações que, embora não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento. Do mesmo modo que no momento anterior às mais diversas atividades devem ser desenvolvidas, buscando a generalização da conceituação que foi abordada no momento anterior, inclusive formulando os chamados problemas abertos. (DELIZOICOV, 2001, p.133)

Destacamos a necessidade de ficar alerta com relação ao uso dos 3MP, para não resumi-lo apenas como um modelo que organiza as aulas, de modo que o primeiro momento seja apenas um simples pretexto para introduzir algum tema, o segundo, a formulação dos conceitos científicos e o terceiro a solução de exercícios e problemas. Trata-se de uma prática didático-pedagógica fundamentada na dialogicidade e problematização, que possibilita a presença de situações que são significativas do local e situações que são tradicionais aos estudantes.

Nossa pesquisa foi baseada, em parte, nos três momentos pedagógicos, pois ela contempla a ideia de iniciar uma atividade por meio de uma problematização inicial. Mas, encontramos uma limitação neste sentido, pois nem sempre foi possível determinar problemas específicos, fazendo-se uso às vezes de perguntas. Tais perguntas, segundo a nossa análise durante a realização das atividades, não deixaram de ser instigantes. O foco na problematização são:

(...)caminhos para o diálogo, já que esta pode contribuir para que os alunos tornem-se curiosos, pelas questões lançadas, o que difere de uma pergunta, na qual estes, na maioria das vezes, simplesmente as respondem, sem sentirem-se desafiados por elas.” (ARAÚJO, NIEMEYER, MUENCHEN, 2013, p.189).

Outro ponto em que a proposta difere da abordagem freireana, é que as problematizações desenvolvidas não partiram inicialmente dos alunos, e sim da docente, que buscou problemas ou perguntas que se adaptassem ao seu tema de pesquisa e que, ao mesmo tempo instigassem e motivassem os estudantes no desenvolvimento das atividades.

3.2 Objetivos específicos de ensino

A sequência consistiu em oito atividades que foram desenvolvidas em onze aulas.

Na primeira atividade queríamos conhecer os modelos de universo pensado pelos/as estudantes. Sugerimos que essa representação fosse feita por meio de desenhos. Para favorecer o debate e o posicionamento de opiniões, foi realizada uma apresentação dos modelos criados, estimulando uma reflexão crítica sobre a temática e permitindo uma interação com os colegas. Escolhemos a xilogravura de Flammarion¹⁶, para que os alunos pudessem comparar com os seus modelos, e conseguissem identificar que a curiosidade sobre o céu, sempre foi algo que instigou os seres humanos.

Um exemplo de como relacionamos os 3MP ao longo das atividades, está no quadro abaixo:

¹⁶ A Xilogravura de Flammarion, é assim chamada porque sua primeira aparição documentada está no livro de 1888 de Camille Flammarion, mas o autor da gravura é desconhecido. Ela representa uma cosmologia medieval, delimitada por uma camada de estrelas sobre a qual um homem demonstra interesse em saber o que há além do observável.

Quadro 3: Atividade 1 e os 3MP¹⁷

| | |
|------------------|---|
| Momento 1 | Apresentamos o vídeo do trecho do filme Rei Leão ¹⁸ , que mostra a curiosidade dos personagens em explicar o céu e suas respectivas justificativas para os pontos brilhantes do mesmo. Em seguida, entregamos o roteiro de atividade e solicitamos as respostas das questões 1 e 2, relacionadas com a criação do modelo de universo de cada estudante (10 minutos). |
| Momento 2 | Após algum tempo para elaborar os desenhos, debatemos sobre os mesmos. Buscamos enfatizar o que levou o/a estudante a criar tal modelo (leituras ou vídeos de divulgação científica, crenças religiosas) (20 minutos). |
| Momento 3 | Comparamos os modelos criados com a xilogravura de Flammarion (15 minutos). |

Fonte: da autora (2018)

Assistindo a vídeos sobre escalas do universo, buscamos, na segunda atividade ampliar a visão do tamanho do cosmos dos estudantes, debatendo sobre distâncias em nível astronômico, como da Terra até a estrela mais próxima, de nós após o Sol. Queríamos identificar possíveis mudanças nos modelos que foram criados na primeira atividade.

Na terceira atividade, os estudantes adquiriram uma concepção prévia sobre o paradoxo de Olbers e compreenderem que o posicionamento da Terra em relação ao Sol, agregado à rotação terrestre, respondem parcialmente sobre a escuridão noturna. Debatemos sobre possíveis soluções para o paradoxo de Olbers, buscando incorporar relações entre o tamanho do universo (infinito ou finito) com o número de estrelas (infinito ou finito).

As primeiras respostas para o enigma da escuridão noturna aparecem nas atividades quatro e cinco, por meio do debate e interpretação do texto: As estrelas do céu de Mariana. Assim, foi possível discutir sobre algumas visões ingênuas da ciência. Com o texto, pudemos ainda introduzir a expansão do universo como uma das respostas para o enigma da escuridão noturna e na sexta atividade apresentamos conceitos físicos, tais como: comprimento de onda e desvio para o vermelho (redshift); que ajudassem na interpretação dessa resposta.

¹⁷ Os quadros referentes às demais atividades estão em nosso produto educacional.

¹⁸ O trecho mostra a curiosidade dos personagens em explicar o céu e suas respectivas justificativas para os pontos brilhantes do mesmo. O seu link está em nosso produto educacional.

Na sétima atividade buscamos desenvolver a concepção de que o conhecimento científico não é formado por verdades absolutas e que a ciência não é feita por “gênios”, mas possui dependência direta com o desenvolvimento histórico do conhecimento. Aproveitamos para analisar e refletir de forma crítica sobre os recursos utilizados para a transmissão de informações, tais como: jornais, séries, televisão, que ajudam na reprodução dessas visões ingênuas.

Finalizamos a sequência ressaltando que a consolidação da teoria do Big Bang foi um processo histórico cheio de acertos e erros e de descobertas por acaso. Buscamos verificar que o estudo de episódios históricos auxiliam em uma compreensão mais aprimorada sobre fatores que estão diretamente relacionados ao desenvolvimento da ciência.

3.3 Sujeitos e o local da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida em horário regular, para uma turma da primeira série do ensino médio, composta por 22 estudantes, em um colégio da rede particular da cidade de Lavras (Campanha Nacional das Escolas da Comunidade-CNEC- Juventino Dias). Das quatro aulas semanais, a princípio utilizamos duas, devido a um acordo pré-definido com a direção do colégio. Em semanas com feriados ou demais atividades escolares, não realizamos as atividades da Sequência Didática.

As aulas foram divididas entre quinta-feira e sexta-feira, dias das semanas que a docente lecionava no colégio. Cada aula apresentou duração de cinquenta minutos e na escola havia recursos didáticos que possibilitaram o uso de computadores e data-show. Os sujeitos da pesquisa foram estudantes de classe média, sendo 12 do sexo masculino e do 10 do sexo feminino. A maioria residia próximo ao colégio. Alguns/mas dos/as integrantes já possuíam curiosidade acerca do tema de cosmologia, devido a documentários que assistiram ou materiais que leram na internet.

3.4 Instrumentos utilizados na coleta de dados

Em nossa pesquisa empregamos a metodologia de pesquisa qualitativa. Este tipo de pesquisa, comum na área de ensino de ciências,

Envolve a obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos, ou seja, dos participantes da situação em estudo (GODOY, 1995 p.58).

Coletamos dados de pesquisa nas atividades didáticas, empregando uma série de instrumentos: o Diário de Campo, gravador de áudio e as produções escritas dos estudantes. O Diário de Campo consiste em anotações da pesquisadora aula após aula, de modo que a mesma consiga expressar as perspectivas prévias antes das aulas e as considerações após as mesmas. O gravador de áudio foi utilizado para registrar as falas dos alunos nas atividades, de modo que os principais trechos pudessem ser transcritos, posteriormente, para análise.

Em todas as aulas os sujeitos produziram documentos baseados na problematização sugerida no início de cada atividade, utilizando de recursos como desenhos, textos e respostas discursivas acerca das perguntas iniciais. Toda essa coleta de documentos, acompanhada das transcrições dos pontos mais relevantes das gravações e do Diário de Campo, foram utilizadas no processo de análise de dados.

Os/as estudantes foram avaliados ao longo do projeto pela professora. Os critérios utilizados no processo de avaliação foram: a participação e o comprometimento ao longo do desenvolvimento das atividades, analisando o seu empenho em buscar solucionar os problemas propostos, na participação de debates e demais produções escritas. Não analisamos respostas certas ou erradas, e sim dedicação e zelo ao buscar respondê-las e não simplesmente oferecer qualquer resposta. Essa avaliação foi convertida em uma certa quantidade de pontos dentro do trimestre, sendo o valor máximo de pontuação estipulado pela coordenação da escola.

Segundo Godoy (1995) existem três tipos básicos de pesquisa qualitativa: o estudo de caso, a etnografia e a pesquisa documental. Utilizamos o estudo de caso, que tem a presença de problemas que geram questionamentos e não possuem uma solução pré-definida, o que exige do estudante empenho para resolver o problema, analisar evidências, desenvolver argumentos, avaliar e propor soluções. Promovendo o raciocínio crítico e argumentativo dos/as estudantes.

Utilizamos uma variedade de dados coletados em diferentes momentos. Através da minha observação como pesquisadora consegui produzir um Diário de Campo e conseqüentemente

produzi relatórios que apresentaram um estilo narrativo, ilustrado com citações, exemplos e descrições fornecidos pelos sujeitos. Além disso, todas as aulas foram gravadas, e os áudios, em um momento posterior, ajudaram na elaboração da análise de dados, assim como toda produção escrita dos/as estudantes, que foi na forma de redações ou respostas de alguns roteiros da Sequência Didática.

Para analisar os dados coletados, utilizamos e comparamos os dados coletados por documentos (roteiros dos estudantes), as entrevistas (debates promovidos em sala, áudios das aulas) e as observações participantes (Diário de Campo). A nossa análise foi referente aos dados empíricos coletados.

3.5 Análise dos dados de pesquisa coletados

No dia 27 de abril de 2017, foi apresentada por mim, professora de Física turma do primeiro ano do Ensino Médio, a proposta das atividades de pesquisa da Sequência Didática sobre Cosmologia. Os/as estudantes gostaram muito da ideia de fazer algo “diferente” do tradicional e que ao mesmo tempo fugisse do sistema apostilado. Ressaltei que eles/as não deveriam se preocupar em dar “respostas corretas”, e sim de escrever no papel aquilo que para ele/a, fizesse sentido aos problemas que foram apresentados.

Análise da atividade 1: Como o estudante pensa que é o universo?

Iniciamos a atividade com o trecho do filme Rei Leão. Após a apresentação deste trecho, foi entregue aos estudantes um roteiro com orientações para algumas atividades, a primeira delas era o desenvolvimento de um desenho no qual conseguissem contemplar respostas para as perguntas: como você pensa que é o universo? O universo teve um começo ou sempre existiu? Ele é finito ou infinito?

Alguns/mas estudantes chamavam para perguntar se estavam desenhando corretamente, no que foi reforçado que não haveria um modelo correto, mas que era importante expressarem com sinceridade a visão de universo que possuíam.

Assim que eles/as terminaram o desenho, responderam à pergunta: O que te levou ao modelo de universo que criou? Buscávamos, por meio desta questão verificar se haveria

princípios religiosos como forma de justificativa para os desenhos, simplesmente opiniões ou algo embasado em algum estudo que o/a estudante já poderia ter feito ou visto em documentários.

Em todas as transcrições apresentadas a seguir, adotamos pseudônimos para os/as estudantes. Identificamos os/as estudantes com o nome de professores/as da Educação Básica que a pesquisadora teve. A pesquisadora foi representada nos diálogos com a letra P.

Toda a categorização utilizada na análise de dados foi baseada nas perguntas de cada atividade. As respostas similares eram agrupadas. Os roteiros dos/as estudantes para cada atividade tinham mais de uma pergunta, assim, para cada pergunta, foi elaborado um quadro com as respostas.

Na primeira atividade, a análise dos 18 desenhos ocorreu através de explicações dos/as estudantes sobre os mesmos, oralmente ou por escrito. Foi possível criar as seguintes categorias abaixo:

1) Como você entende que é o universo?

Quadro 4: Como você entende que é o universo?

| Tamanho do universo | Respostas |
|----------------------------|------------------|
| Finito | 7 |
| Infinito | 9 |
| Não soube opinar | 2 |

Fonte: da autora (2018)

Quadro 5: Estrutura do universo

| Estrutura do universo | Respostas |
|--------------------------------|------------------|
| Extrapolando a nossa galáxia | 4 |
| Modelo próximo a nossa galáxia | 12 |
| Céu noturno | 2 |

Fonte: da autora (2018)

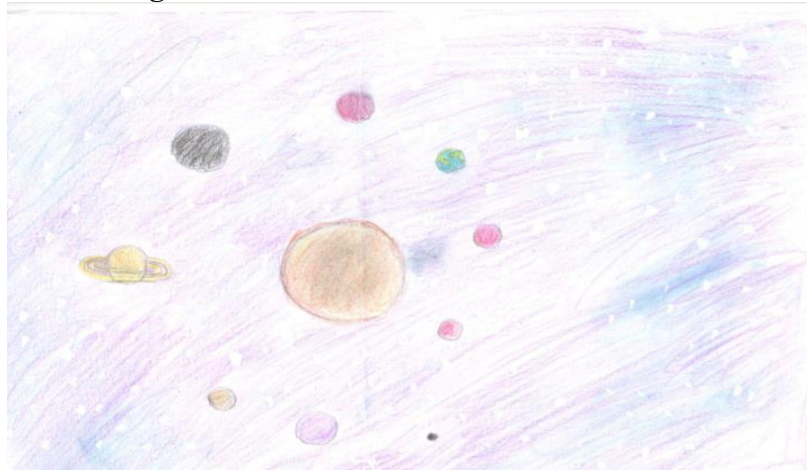
Quadro 6: Surgimento do universo

| Surgimento do universo | Respostas |
|------------------------|-----------|
| Criação divina | 10 |
| Por acaso | 2 |
| Sempre existiu | 3 |
| Não consegue opinar | 3 |

Fonte: da autora (2018)

- Na minha opinião o universo foi criado dentro dos sete dias da criação da Terra e o criador é Deus (José Alves).
- A visão que nós humanos temos do universo, sistema solar, estrelas (Marilza).
- O universo tava lá, as coisas que foi nascendo nele (Adilson).

Figura 7: Modelo de universo da Marilza¹⁹



Marilza justificou seu desenho buscando como inspiração o heliocentrismo, mesmo considerando que todos os planetas estão a mesma distância do Sol, algo que não é apresentado nesta teoria.

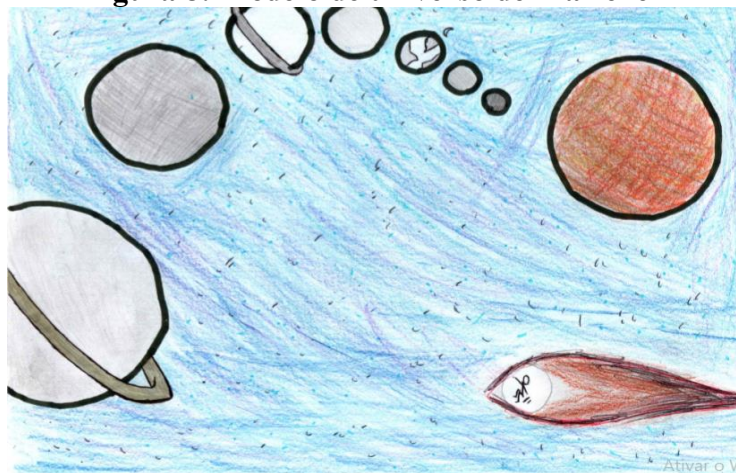
Abaixo há a transcrição de um pequeno trecho em que o estudante utiliza o termo expansão do universo, diferente do utilizado na ciência, associando a uma expansão do conhecimento.

¹⁹ Fonte: da autora (2017)

- *Pra mim, o universo é uma coisa que tá sempre em expansão. Tem a Via-Láctea e várias outras galáxias, coloquei aqui algumas estrelas mães para mostrar isso. Há vários outros sistemas solares. É isso aí (Adriana).*
- *Por que você acha que ele está em expansão? (P)*
- *Assim, em expansão no sentido do nosso conhecimento, a gente não vai conseguir chegar em um fim, sempre vai descobrir mais. E sobre a existência, acho que para alguma coisa existir, tem que ter outra, você não consegue explicar isso por um deus (Adriana).*

A presença de um ser superior apareceu diretamente somente em um dos desenhos. Para Marlene o ser superior governa e observa tudo, por isso desenhou um ser viajando pelo universo. Nos demais, muitos justificaram a ausência em se desenhar um ser superior por não conseguirem imaginar como desenhar deus. No entanto, na escrita e na fala dos estudantes, a maioria apresenta um ser supremo como justificativa para a criação do universo, um ser que criou tudo. Os que não apresentaram crenças religiosas, não conseguiram formular respostas para o surgimento do universo. Ressaltamos que alguns estudantes já haviam pensando nestas questões e não conseguiram uma conclusão para as mesmas e acreditavam que nunca conseguiriam.

Figura 8: Modelo de universo de Marlene²⁰



2) O que te levou ao modelo de universo criado?

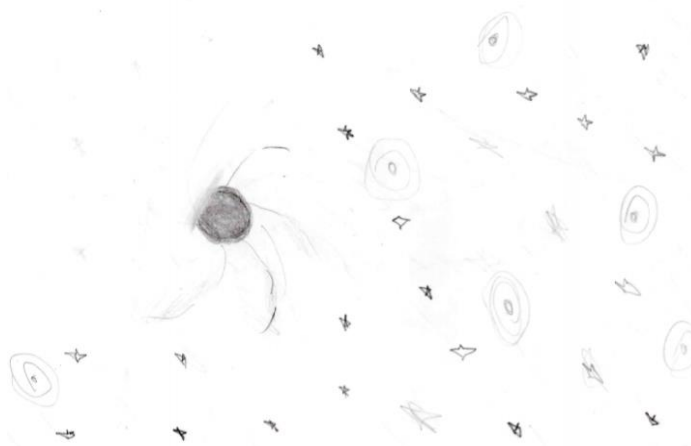
Foi possível identificar representações que apresentam relação com um universo em expansão. Os/as estudantes que disseram, em suas explicações, já ter conhecimento sobre a

²⁰ Fonte: da autora (2017)

expansão do universo, argumentaram já terem visto algo sobre o tema em documentários ou leram em algum meio, como é o caso da estudante Vilma:

- No modelo desenhado procurei desenhar o máximo de acordo com as imagens que já vi fornecidas pela NASA e outras agências (Vilma)

Figura 9: Modelo de universo de Vilma²¹



Também foi possível identificar desenhos em que apresentaram como sua justificativa a proximidade do que é visível, o que pode ser argumentado como algo que está ao alcance da nossa visão.

O debate promovido em sala sobre os modelos de universo foi importante para proporcionar aos estudantes uma reflexão sobre o surgimento do universo e a necessidade do ser humano em buscar um modelo que explique sobre a existência de tudo. Sobre esse modelo, ressaltamos como o conhecimento da história da ciência pode proporcionar uma visão mais consolidada de mudanças que ocorreram e seus motivos. A exemplo disso, temos o modelo geocêntrico que foi aceito por séculos e, posteriormente, substituído pelo modelo heliocêntrico. Para identificar se os estudantes conheciam essa mudança, estabelecemos um diálogo. Todos os estudantes ressaltaram que conheciam essa mudança, ao que a professora argumentou:

-Quando olhamos para o céu, não percebemos a terra girando em torno do Sol e sim, um aparente movimento do Sol em relação a terra. Então, por que o

²¹ Fonte: da autora (2017)

modelo geocêntrico pode ser considerado ultrapassado, se aparentemente ele faz sentido? (P)

Apesar de aceitarem a teoria do heliocentrismo como a correta, nenhum dos estudantes soube explicar essa mudança, o que mostra uma forte crença e credibilidade no que está escrito nos livros didáticos ou o que é passado em sala de aula. Acreditamos que o estudo histórico da evolução das ideias na ciência, de um modo geral, pode colaborar para uma visão mais aprimorada e completa.

Com relação a comparação da xilogravura e dos desenhos, os/as estudantes conseguiram identificar algumas semelhanças, como: as estrelas, o sol, planetas, galáxias. Outros já falaram que não tinha nada a ver. Eles/as tiveram um pouco de dificuldade ao interpretar a xilogravura, não associaram a curiosidade do homem medieval em imaginar o que haveria por trás daquela cortina de estrelas apresentada no desenho. Também não associaram que na imagem há uma representação associada a um universo muito maior do que imaginamos, algo que foi presente em muitos desenhos.

Nas demais atividades buscamos promover mais debates e reflexões sobre essa veracidade que a mídia ou livros tendem a nos passar sobre a ciência. Para isso utilizamos episódios da história da cosmologia, que refletem sobre a constituição da própria ciência. As mudanças que os modelos sofreram ao longo da Sequência Didática são apresentadas na análise da última atividade.

Análise da atividade 2: Com o uso dos vídeos sobre a estrutura do universo, quais as mudanças no modelo de universo de cada estudante?

A problematização da atividade 2 pareceu instigante, abordou a ficção através pelo tema de viagens espaciais, mais precisamente, sobre o tempo necessário em uma viagem para a estrela mais próxima de nós após o Sol. *Proxima Centauri* mexeu bastante com o imaginário dos estudantes, ainda mais após termos apresentado que a distância dessa estrela ao nosso Sol era de 40 trilhões de quilômetros (4,22 anos luz). Estimamos alguns tempos, considerando algumas velocidades, como a velocidade de um ônibus espacial (28.000km/h) e verificamos que seria necessário, aproximadamente, 163 mil anos para chegar até ela.

A atividade ocorreu na própria sala de aula e foi desenvolvida em duas aulas. Os vídeos²² e os slides foram projetados em um data-show. Novas curiosidades surgiram, e foram escritas no quadro para uma pesquisa posterior. Quando foi feita a primeira viagem ao espaço com humanos? Como o ser humano sabe sobre muitos planetas e várias coisas do universo, se ele não foi até lá para descobrir? Seria possível povoar outro planeta? As estrelas que vemos a noite, e brilham mais, são as que estão mais próximas ou as que são maiores?

Após a atividade 2, muitas concepções sobre o universo sofreram modificações, como já era esperado. Com o auxílio dos vídeos que apresentavam comparações em diversas escalas, do micro ao macro, muitos estudantes perceberam que o universo vai muito além da camada de estrelas que observamos a noite, e é muito maior que a nossa Via Láctea.

Ao passar os vídeos, muitos/as estudantes ressaltaram o quão pequenos somos em relação aos planetas e ao universo como um todo. Houve a seguinte frase de Marly que chamou a atenção:

-Nossa! Me sinto agora como quase nada no universo, tipo insignificante, que estranho. É como se eu fosse uma gota de água do oceano, ou menos ainda (Marly)

Dos/as 18 estudantes presentes na atividade, todos apresentaram mudanças em relação às concepções iniciais sobre o universo. Destaco mudanças em relação: ao tamanho dos planetas e das estrelas, a existência de muitas galáxias e ao próprio tamanho do universo, como podemos verificar na fala de Marlene, que na primeira atividade acreditava em um universo finito.

- Pude ver através dos vídeos, que as estrelas são muito maiores do que acreditamos, até por que daqui da Terra elas são só pontinhos. O Sol só parece maior que elas, pois está mais perto de nós. Como há vários pontinhos brilhantes no céu, é como se houvesse estrelas tão longe, tão longe, que nem podemos imaginar. Elas devem ser grandes também, pois elas estão muito longe e vemos elas. Parece que o universo não tem fim. Doideira isso (Marlene).

Houve até perguntas relacionadas a atividades futuras sobre o centro do universo, como a que Primo me perguntou:

²² O link para esses vídeos, que mostram sobre o tamanho do universo escalonado, partindo do micro ao macro, assim como os slides e o roteiro do(a) estudante para essa atividade estão em nosso produto educacional, na seção 5.1.

-Então se o universo é tão grande, qual seria o centro dele? Pode ser a Terra né? Porque sabemos que dentre muitos planetas é o que há vida, ou isso não tem nada a ver? (Primo).

Para não oferecer respostas momentâneas e deixá-la curiosa, pedimos que pensasse mais sobre o que perguntava e buscasse explicações para um “possível” lugar para o centro do universo. Essa discussão seria retomada posteriormente, ao falarmos sobre a expansão do universo.

O ponto auge desta atividade surgiu quando Roza fez a seguinte pergunta:

-Então é por isso que nos filmes de ficção o espaço é escuro? Por que as estrelas estão longe de nós? Mas isso não faz sentido, porque a noite eu vejo muitas estrelas no céu (Roza).

O sinal tocou, indiretamente essa perguntava se relacionava com o tema da atividade 3, o Paradoxo de Olbers. Pedi paciência ao estudante que fez essa pergunta e disse que voltáramos nela logo. Para deixá-lo mais curioso perguntei:

-Então o universo tem infinitas ou finitas estrelas? Ele é infinito ou finito? (P)

A formalização do que é cosmologia, astronomia e astrologia, assim como a diferenciação de Universo e universo, ocorreu de forma tranquila, e até um pouco entediante, com slides e um roteiro para o estudante que continha perguntas do tipo: Cosmologia é ciência? Qual a diferença entre cosmologia e astronomia? Acreditamos que estes conceitos podem aparecer naturalmente, sem que sejam utilizados, necessariamente, uma aula e material para tal. Talvez se perguntar o que eles entendem por cosmologia? E por ciência? O que estudamos em cada uma? E a partir deste ponto, aprimorar os conceitos, seria mais vantajoso. Comparando essa aula expositiva, com a primeira parte da atividade, percebemos que os/as estudantes se sentem muito mais motivados quando estão ativos no processo de ensino aprendizagem.

Uma questão presente no roteiro e que gerou debate em sala foi: “As religiões também buscam entender a origem do universo. Qual é a diferença entre cosmologia e religião? E entre cosmologia e filosofia?”

Pelas respostas identificamos que 12 de 18 estudantes apontaram que a principal diferença está associado a “prova”, sendo que a ciência apresenta este caráter, três destes/as estudantes associaram essa prova da ciência com um método científico. Religião eles definem como algo que existe sem a necessidade de evidências, ou você acredita ou não acredita.

- Na ciência existe um método, que serve para mostrar que ao seguir os passos do método, algo em estudo está correto, uma teoria, por exemplo. Você tem ideia de como é, vai lá e prova se ta certo usando o método. Daí vem leis e teorias. Já religião não tem essas coisas, e você acredita em deus sem ter como provar isso, mas acredita que ele existe ou não (Adilson).

- Ciência tem método científico. Religião tem que acreditar sem o método para mostrar se está certo ou não (João).

- As duas existem há muito tempo, acho que elas surgiram com o homem e suas curiosidades sobre o mundo, mas tem papéis diferentes. Ciência só existe porque você consegue provar algo. Religião existe com dependência da sua fé e não de provas (Berenice).

A finalização dessa aula foi com o debate sobre a questão: O estudo de cosmologia é importante para nós/nossa sociedade? Por quê? As respostas foram diretas, e todas apontaram a importância deste estudo, a maioria justificou que por meio da cosmologia torna-se possível compreender melhor sobre o universo e seu surgimento e como estamos nele, é interessante saber sobre o mesmo.

- Sim, nos ajuda a entender o mundo e a questionar as coisas de modo que possamos evoluir mentalmente (Rosalina).

-Sim, porque responde sobre várias curiosidades que temos (Adilson).

-Acho que sim, no sentido de aprender, de matar curiosidade, pois cosmologia não é algo que uso no dia a dia (Walléria).

Essa importância também pode estar associada com a credibilidade dada a autoridade do professor dentro de uma sala de aula, assim como a veracidade no que o mesmo diz. Essa pergunta foi retomada na última atividade, onde foi solicitada uma redação para respondê-la.

Verificamos com essas duas atividades que os/as estudantes apresentam algumas visões ingênuas da ciência. Acreditamos que a partir de episódios históricos da cosmologia, presentes na atividade quatro, com o paradoxo de Olbers, essas visões ingênuas podem sofrer pequenas mudanças, de forma processual, sem a necessidade de se trabalhar com listas prontas para modificá-las.

Análise da atividade 3- Como o estudante reage e argumenta a respeito da questão: Com um céu cheio de estrelas não faria mais sentido a noite ser clara ao invés de ser escura?

A atividade 3 foi realizada na sala de recursos da escola, uma sala já preparada para utilizar recursos audiovisuais. Não havia um roteiro de atividades para os estudantes, apenas orientações da mesma em slides. Foi pedido aos/às estudantes que pegassem uma folha de caderno e anotassem as respostas das perguntas que foram feitas durante a aula. Os dados dessa atividade foram agrupados, como apresentado nos tópicos abaixo:

a) Debate sobre a problematização inicial:

Foi apresentada a seguinte problematização: “Em uma noite cheia de estrelas, você observa o céu e já tem consigo, muito claro, uma ideia do seu próprio universo, você para e pensa: com um céu cheio de estrelas não faria mais sentido a noite ser clara ao invés de ser escura? Afinal, por que a noite é escura?” Esperávamos respostas relacionadas a rotação terrestre, como podemos ver através da fala de Vilma em um diálogo com a professora:

- Tipo assim, eu não sei se é, mas quando você tá no espaço, é como se fosse de noite. Se o Sol tá desse lado aqui, e a Terra tá desse lado aqui, na hora que o movimento de rotação fizer isso daqui, a gente vai ficar, como se tivesse, de frente para o espaço mesmo, o breu, e o Sol iluminado outro trem lá na Terra. (Vilma)

- Mas se no espaço é escuro, quantas estrelas você acha que existem no espaço? (P)

- Ah não sei. Tem estrela que é iluminada pelo Sol, quer dizer, ofuscada por ele, por isso não aparece. (Vilma)

- Toda estrela tem luz própria certo? Você acaba de explicar porque não vemos estrelas de dia, mas ainda não me falou sobre a quantidade de estrelas que existem no espaço? (P)

- Isso é difícil, porque tem a distância delas que influencia. Já li isso em algum lugar, de estrelas que estão longe pra caramba da gente, que podem até ter morrido, que estamos vendo o passado delas e não o presente. Então o céu é tipo muito louco, tipo um cemitério de estrelas (risos). (Vilma)

Vilma sempre foi muito participativa em todas as aulas e já havia visto documentários sobre o tema, percebe-se na fala dela, que há uma certa confusão em certos conceitos que ainda não foram definidos, como o que ocorre com a luz de uma estrela que já morreu. Ela abordou assuntos interessantes que ajudaram futuramente ao longo do desenvolvimento da Sequência.

Nessa atividade havia 18 estudantes, as respostas sobre a noite escura são classificadas como aparece na tabela:

Quadro 7: Primeiras respostas para a escuridão noturna

| Escuridão noturna | Respostas |
|--|-----------|
| Rotação terrestre | 10 |
| Rotação terrestre e distância das estrelas | 6 |
| Explicação religiosa | 1 |
| Não opinou | 1 |

Fonte: da autora (2018)

Indiretamente, voltou-se ao espaço e a sua escuridão, algo que já havia sido citado ao final da atividade 2. Temos a seguinte fala de Berenice:

- O motivo do espaço ser escuro é pela distância das estrelas. Eu não acredito que em todo lugar do espaço seja escuro. Pode ser que a gente esteja distante demais da luz. O motivo da noite ser escura, é a rotação terrestre mesmo. Então ela não pega a luz do sol 24h. (Berenice)

Para contrapor a fala dela, passamos para o slide seguinte. Nele havia a seguinte imagem:

Figura 9: Diálogo entre pai e filho sobre a escuridão noturna²³



²³ Fonte: O paradoxo de Olbers- Por que a noite é escura? Disponível em: <<http://www.asterdomus.com.br/asterdomus/o-paradoxo-de-olbers-por-que-a-noite-e-escura/>> Acessado em 28 de setembro de 2018.

Para debatermos sobre isso, foi proposta a atividade da dinâmica das lanternas

b) Atividade das lanternas

A sala em que estávamos era escura, e havia cortinas pretas que dificultavam a passagem da luz. Com algumas lanternas e também utilizando as lanternas dos celulares. Orientamos que ligassem as lanternas, essas seriam nossas estrelas no espaço. Se aumentássemos o número de lanternas, como ficaria a sala?

Exceto por um estudante, os demais responderam que a sala ficaria super clara, ele (José Alves) questionou que o espaço físico da sala poderia interferir, pois haveria uma limitação para a luz. Estabelecemos o seguinte diálogo:

- Mas a luz ela fica só na sala professora. Você então está nos dizendo que o universo é finito? (José Alves)

- Não. No momento não darei a minha opinião, quero conhecer o que vocês pensam sobre. Mas vamos pensar na seguinte informação, a velocidade da luz. Ela é muito rápida ou devagar? (P)

- Muito rápida. Tipo, lembra aquele exercício que a gente fez semana passada, sobre velocidade e tals. Naquele exercício, falava que se o Sol morresse, iríamos ver a luz até uns oito minutos depois da sua morte. Então a luz deve ser muito rápida mesmo e sai por aí, só que o Sol não tá tão pertinho de nós, por isso não vemos a escuridão na hora. Eu lembro que tinha um tanto de zero para falar o tamanho da velocidade da luz (José Alves). (Escrevi o valor da velocidade da luz no quadro, na época, estávamos estudando cinemática, seguindo a apostila da escola, então os estudantes já tinham conhecimento do valor da velocidade da luz, e que a mesma tratava-se de uma velocidade constante)

Perguntei a ele:

- Se o Sol estivesse muuuuito longe, mais do que realmente está, e morresse, nós veríamos a luz alguns minutos depois ou ela não chegaria até nós? (P)

- Acho que veríamos sim. Mas tipo, para outra galáxia, acho que a luz do Sol iria demorar para chegar, mas chegaria. Ah, então eu acho que tanto faz, a gente estar na sala ou no universo. Veríamos a luz, mais cedo ou mais tarde. Nossa, to bugando. Porque agora parece que tá fazendo sentido o universo finito e infinito ao mesmo tempo, assim como o número de estrelas (José Alves).

- Você fez considerações muito importantes. Mas quero que pense um pouco mais sobre elas. Com o tempo iremos entender um pouco melhor sobre tudo que você fala (P).

Percebemos que o estudante José Alves trouxe uma consideração importante, a limitação física de um espaço. Um espaço muito grande implica que a luz demora mais para chegar até nós.

No próximo slide era solicitado ao/a estudante pensar em qual permutação faria mais sentido: universo finito ou infinito, com um número de estrelas finitas ou infinitas, buscando responder ainda o problema inicial, da escuridão noturna. Os/As estudantes gostaram dessa problematização, que gerou um debate de possibilidades. Podemos finalizar as opiniões no quadro que se segue:

Quadro 8: Espaço e número de estrelas

| Universo/número de estrelas | Respostas |
|-------------------------------------|-----------|
| Universo infinito/estrelas finito | 6 |
| Universo infinito/estrelas infinito | 10 |
| Universo finito/estrelas finito | 1 |
| Universo finito/estrelas infinito | 1 |

Fonte: da autora (2018)

Algumas justificativas para a escolha de cada hipótese:

- *Eu vi uma teoria uma vez no documentário meio difícil. O universo tá se expandindo, crescendo e crescendo. Mas chega uma hora que ele vai parar e vai voltar ao que era antes. Por isso no momento eu acho que ele tá crescendo, expandindo, então tem muito espaço para estrelas nascerem e morrerem, por isso elas são infinitas também (Adilson).*
- *Pois o universo sendo infinito, a luz nunca vai corresponder ao seu tamanho e a luz de uma estrela ofusca a outra (Vilma).*
- *O conhecimento sempre é infinito. Por isso acredito que o universo é infinito, o ser humano ainda tem muito o que descobrir. Mas as estrelas, podem estar espalhadas e serem infinitas. Mas eu não sei como se faz para contar as estrelas, como é? (Luciana)*

Como na sala haviam estudantes que já haviam lido ou visto algum documentário sobre o universo em expansão, cinco estudantes que escolheram a opção universo e número de estrelas infinito, usaram esse argumento, ou reproduziram falas parecidas com as que viram em documentários, como as citadas acima.

Os/As estudantes que opinaram sobre um universo infinito com número de estrelas finito, fizeram uma comparação que há mais espaço escuro, do que luz para iluminá-lo

O/A estudante que argumentou para um número finito de estrelas e do universo disse:

-Tem muito espaço, e muito espaço escuro, porque não tem luz suficiente. Se o fundo do que vejo é escuro, é porque é o fim, por isso acho que o universo tem um fim (Roza).

O/A estudante que opinou em um universo finito com um número infinito de estrelas disse:

-Não consigo imaginar um lugar que não tem fim, por isso acho que o universo tem um fim. Como não consigo contar o número de estrelas, acho que elas são infinitas. E tem também o lance que uma estrela pode estar na frente de outra, aí a luz da de trás não chega aqui na Terra (Cíntia).

Muitas curiosidades surgiram nesta aula: por que o céu é azul? As estrelas morrem? Estrelas que morrem são estrelas cadentes? Como contar as estrelas? Todas essas curiosidades que surgiram no decorrer da aula, foram escritas no quadro, e foi pedido que os estudantes pesquisassem sobre elas, para conversarmos sobre as mesmas futuramente.

c) Universo finito ou infinito? Número de estrelas finito ou infinito?

Os/as estudantes queriam a resposta sobre o tamanho do universo e a quantidade de estrelas. Disse que no momento iríamos trabalhar com hipóteses. Aproveitei que o universo infinito com um número infinito de estrelas foi o mais votado, para apresentar o paradoxo de Olbers: se o universo é infinito e contém infinitas estrelas, como é possível enxergarmos o céu noturno praticamente escuro? Mostrei um gif²⁴ que ilustrava este paradoxo, mostrando várias estrelas que se agrupam, iluminando todo o céu.

Essa foi uma das atividades que mais despertou a curiosidade dos/as estudantes, motivando-os nas leituras posteriores dos textos e os envolvendo mais ao longo da Sequência. A resposta ao paradoxo só apareceu na quinta atividade, e até lá muitas hipóteses foram criadas.

Análise da atividade 4: Qual a interpretação do/a estudante ao verificar que a construção de uma teoria científica apresenta controvérsias e não é realizada facilmente?

²⁴ Este gif está disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Paradoxo_de_Olbers> Acessado em 28 de setembro de 2018.

Para promover uma leitura e uma interpretação de forma mais dinâmica dos textos referentes às atividades 4 e 5 (que estão na seção 1.4), haviam as pausas com as perguntas inseridas no texto, o que proporcionou vários debates. Para cada: *Uma pequena pausa...*, criamos as seguintes categorias para análise:

1) Interpretações iniciais para a escuridão noturna: O texto inicialmente apresentou a diferença entre paradoxos e enigmas. A partir de um trecho do livro: *O enigma da escuridão noturna*, que aborda duas justificativas iniciais para a escuridão noturna, buscamos verificar se a diferença entre enigma e paradoxo estava clara para os estudantes. Pudemos perceber, pelas explicações e definições do texto para enigma e paradoxo, que o céu recoberto trata-se de um paradoxo e o céu não recoberto de um enigma.

Para a pergunta presente no texto: Qual das duas interpretações pode ser considerada como um paradoxo? Apenas Adilson, apontou a explicação sobre o céu não recoberto como um paradoxo, o que nos diz que a interpretação desta parte do texto, sobre enigmas e paradoxos, não está complicada. A confusão da mesma se deu pelo fato dela estar presa ao que ela vê no céu noturno, não conseguindo abstrair

No II, porque não dá para entender a parte das estrelas vazias que estão ocupadas por lacunas escuras, não tem lógica. (Adilson)

A pergunta: Qual delas faz mais sentido para você e por quê? Teve a seguinte distribuição:

Quadro 9: Céu recoberto e não recoberto de estrelas

| Tipo de céu | Significado | Nº de estudantes que apoiam essa justificativa |
|--------------------|---|---|
| Recoberto | Há estrelas nas lacunas, mas as mesmas por razões enigmáticas permanecem invisíveis. Devemos explicar a ausência dessa luz. | 3 |
| Não recoberto | As lacunas estão vazias de estrelas. Devemos explicar esse vazio | 17 |

Fonte: da autora (2018)

Os estudantes que justificaram um céu recoberto, são os mesmos que já viram ou leram sobre a expansão do universo.

-Eu vi na televisão que há muitas estrelas no universo, muitas mesmo, não dá nem para contar. Mas algumas estão longes demais, que não conseguimos nem imaginar esse longe. Mesmo a luz sendo super rápida, pode ser que a luz dessas que estão longe demais, ainda não chegaram até nós. Por isso acho que é recoberto (Vilma)

-Pode não parecer, mas é recoberto, não sei explicar direito. Mas já vi algumas coisas sobre expansão, então deve ter estrelas tão longes que nem conseguimos ver. Igual uma pessoa, quando está muito longe de nós, não dá para perceber que tem uma pessoa, mas se você usar uma luneta, pode ser que veja ela (Roza)

Algumas justificativas para o céu não recoberto são:

-Uai, é simples. Se eu não vejo, é porque não existe (Walléria)

-Não dá para existir tanta estrela assim, porque se existisse, a noite ia ser clara, e a noite não é clara (João).

Essa primeira análise, serviu para identificar se os estudantes que conheciam um pouco sobre a expansão, conseguiriam identificar no texto, associações de um céu recoberto de estrelas com características de um modelo em expansão.

A segunda questão que apareceu no texto foi:

2) Há relação entre ciência e religião?

Quadro 10: Relações religiosas e científicas

| Relações religiosas e científicas | Nº de estudantes que apoiam essa justificativa |
|--|---|
| Ciência e religião não se relacionam, são totalmente antagônicas | 13 |
| Ciência e religião podem se relacionar, mesmo que parcialmente | 4 |
| Ciência e religião se relacionam, sem conflito | 3 |

Fonte: da autora (2018)

Percebemos falas que apresentam uma oposição direta entre ciência e religião, como:

(...) ciência é a partir da evolução e a religião é através de que Deus criou tudo (Adriana).

-Impossível uma pessoa religiosa se tornar cientista, pois ele teria de separar as duas coisas, agir e pensar de forma diferente (Primo)

Outros já associaram a ciência com a ideia de um método científico, no qual é necessário uma comprovação, como o que foi discutido no capítulo 1, seção 1.3 sobre as visões ingênuas da ciência.

-A ciência é sempre comprovada, já coisas de religião é acreditar ou não (Roza)

Podemos ver pela fala de um/a dos/as três estudantes, que há uma relação pacífica e complementar entre ciência e religião:

- Ambos tentam explicar o universo e esclarecer mais sobre a vida (Cíntia).

A terceira questão que apareceu no texto foi relacionada a linha de visada e limite de fundo.

3) Linha de visada e limite de fundo: Os/as estudantes tiveram dificuldades iniciais em interpretar a parte do texto sobre limite de fundo e linha de visada. As primeiras respostas do porquê de não vermos um céu povoado de estrelas, foram relacionadas com a distância das estrelas de nós, assim como a ideia que os estudantes possuem, que estrelas maiores brilham mais.

Com o exemplo do limite de fundo para uma floresta, fizemos uma analogia para o universo. Os estudantes perceberam que em determinado momento, veríamos um céu totalmente recoberto de estrelas, como estrelas distribuídas em cascas esféricas concêntricas (a ideia de uma cebola e suas cascas), ou seja, teríamos estrelas em cada linha de visada nossa.

Algumas respostas sobre o que os/as estudantes compreenderam sobre linha de visada e limite de fundo estão abaixo:

- Limite de fundo é uma distância limitada a qual podemos enxergar e linha de visada é o que vemos à frente, que tampa o que há atrás. Como se fosse uma orientação (Maria Conceição).

-Quando algo está permitido a acontecer, só que passou do seu limite conhecido como limite de fundo. E linha de visada é como a maneira em que você vê o mundo, sua linha de visão onde nossa visão não pode penetrar (Marly).

Percebemos que para Marly e outros/as três estudantes, uma interpretação errada para tais conceitos.

Nenhum dos/as estudantes associou uma expressão matemática de limite de fundo para o quadro de Tarsila do Amaral, mas conseguiram fazer uma definição conceitualmente:

- *Quando não consigo enxergar além do que já consigo (Adriana).*
- *São aquelas pessoas que não conseguimos enxergar por estarem atrás de todas as outras (Rosalina).*

4) A última pergunta desta primeira parte do texto foi relacionada com o paradoxo em se ter um céu totalmente estrelado, e o calor das estrelas não chegar até nós, superaquecendo a Terra. Pretendia verificar se diante desta oposição de ideias, os estudantes que acreditavam em um número de estrelas infinito, iriam mudar de opinião. Nenhum dos estudantes mudou de ideia com relação a quantidade de estrelas, apresentando suas justificativas para a existência de um número infinito de estrelas e um céu que não é escaldante.

- *(...) o que vemos no céu é o seu passado, assim podemos ver uma estrela que já está morta (Vilma)*
- *(...) pois mesmo as estrelas com seus brilhos, a distância em que elas se encontram não é capaz com que isso ocorra (Goreti)*
- *Não chegaria ao ponto de superaquecer a Terra, porque tem a camada de ozônio para nos proteger (Adriana)*
- *As estrelas estão muito longe da Terra, e com essa distância aquecer a Terra é impossível. (Primo)*
- *Algumas estrelas estão tão distantes que o tempo de uma noite não é suficiente para que a luz delas chegue a nós. (José Alves)*

Com exceção do grupo de estudantes que associou o brilho das estrelas com a distância, o restante apresentou justificativas diversas, algumas erradas, como o caso de José Alves e outras associadas ao que os estudantes já viram ou leram sobre a expansão do universo, como o caso de Vilma e Adriana, estes representam a minoria.

Ao longo das discussões sobre o texto, muitos estudantes ficaram entusiasmados ao perceberem que o assunto que estudávamos, demorou séculos para ser resolvido e que cientistas renomados da época, erraram ao propor uma solução.

- *Nossa! Quem diria que uma coisa presente no nosso dia a dia daria tanta discussão (Rosalina).*
- *(...) do jeito que Galileu e Kepler aparecem na nossa apostila, parece que eles dão conta de tudo e são super gênios. Legal conhecer falhas em teorias ou*

respostas que não estão completas. Mostra que eles são gente normal e não sabem responder tudo (Berenice).

Podemos perceber na fala de Berenice, que estereótipos do tipo: cientistas não erram e são gênios, estão associados a uma visão individualista e elitista da ciência que foi modificada de forma espontânea pelos alunos.

Ao serem indagados no final desta primeira parte do texto sobre o que eles estavam achando sobre estudar tópicos da história da Física, dos 20 estudantes presentes, somente 2 argumentaram que não viam vantagens nessa relação, como o que está expresso na fala a seguir:

-Para mim não muda muita coisa, não tenho interesse na história, já aconteceu é isso mesmo, pronto e acabou. A gente hoje estuda os resultados finais, que é o que vale mesmo. (Roza)

-Saber história não muda o passado e não muda nada (Adilson)

Percebemos que a visão de ciência deles é aproblemática e ahistórica, eles aceitam a transmissão de um conhecimento que já foi elaborado. Diferentemente dos que veem vantagem no estudo entre história e filosofia da ciência.

-Tô achando legal estudar desse jeito, fica diferente, a gente participa mais e com isso dá menos sono durante a aula. (risos) (Cíntia).

- Nunca tinha parado para pensar na evolução das teorias e tudo mais. O bom é que mostra que ninguém faz nada sozinho (Marlene).

Análise da atividade 5: Qual a interpretação do estudante ao verificar que a construção de uma teoria científica apresenta controvérsias e não é realizada facilmente?

A leitura do texto em conjunto, assim como a sua interpretação, foi interrompida devido ao calendário de atividades da escola, que tinha, dentre as várias atividades escolares, as semanas de avaliações. As avaliações eram divididas entre: as avaliações da rede CNEC, que ocorriam em toda a rede, em nível nacional e nas mesmas datas; as avaliações finais de cada etapa, que contavam com as avaliações de todas as disciplinas. Demais testes e avaliações eram distribuídos por cada professor, na data mais conveniente.

Com a interrupção da leitura, devido a semana de avaliações, que coincidiu com as avaliações da rede e, posteriormente, com as avaliações finais da etapa, ficou prejudicado um pouco o desenvolvimento das atividades, pois o foco das mesmas foi retirado. Houve algumas

dificuldades na interpretação por alguns estudantes, o que demandou mais tempo em seu desenvolvimento.

Na Parte II do texto trouxemos as seguintes questões fundamentais: como surgiu o universo? Ele vai sempre existir? Por que ele deve existir? Qual o meu lugar no universo? As duas primeiras questões se relacionam com tópicos sobre a expansão do universo, assunto que iríamos discutir posteriormente. Por este motivo, neste momento foi priorizada a análise das duas primeiras.

As respostas para as duas primeiras questões foram analisadas em dois tópicos, organizados em tabelas. Havia 17 estudantes nesta atividade.

a) Qual a teoria que o(a) estudante acredita para explicar o surgimento do universo?

Quadro 11: Como surgiu o universo

| Teoria | Respostas |
|---|------------------|
| Big Bang | 4 |
| Através de um ser superior (deus) | 11 |
| Não existe uma teoria que explique isso | 1 |
| Nunca pensou a respeito ou prefere não opinar | 1 |

Fonte: da autora (2018)

Percebemos que a maioria dos/as estudantes associou o surgimento do universo a um ser superior, e isso, para nove deles, independe das suas crenças religiosas, exceto para os outros dois estudantes, que associavam o surgimento do universo a uma crença específica. Os que justificaram sua resposta com o Big Bang, já haviam lido sobre o assunto, ou assistido documentários e acreditavam que o início do universo, só pode ser justificado por meio da ciência. Interessante destacar que os mesmos estudantes também possuem suas crenças religiosas.

Um/a estudante argumentou que independente da teoria escolhida, nunca teremos certeza absoluta e outro estudante disse que nunca pensou sobre isso, pois não acha interessante.

Interessante destacar que já houve este debate por meio das apresentações dos modelos de universo de cada estudante, na primeira atividade. Ao comparar, verificamos que a maioria dos

estudantes ainda associavam o surgimento do universo com crenças religiosas. A partir da sexta atividade e até o final da sequência, muitos apresentaram argumentos científicos, relacionando o surgimento do universo com a teoria do Big Bang. Até este momento muitos/as desconheciam essa teoria.

b) O/A estudante identifica o universo com uma existência infundável ou findável?

Quadro 12: O universo um dia irá acabar?

| O universo um dia irá acabar? | Respostas |
|--------------------------------------|------------------|
| Sim | 1 |
| Não | 11 |
| Não sei opinar | 5 |

Fonte: da autora (2018)

Gostaria de identificar se havia estudantes que já demonstravam algum conhecimento sobre a contração do universo, o que não ficou evidente na fala de nenhum deles. Tal questão nos permitiu identificar o quanto os estudantes se aprofundavam em textos ou documentários científicos. A estudante que argumentou que o universo irá acabar, justificou da seguinte maneira:

- Tudo que nasce, tem um fim um dia, mesmo que demore. (Primo)

Os/As estudantes que não acreditavam em um fim para o universo, argumentaram que não conseguem imaginar isso, e que não faz sentido o mesmo acabar, se basearam em opiniões, e não em teorias. Houve uma parcela de estudantes que não soube o que argumentar.

Na continuação da leitura, apresentamos a falha na teoria de Olbers e Chéseaux sobre um céu que não é uma fornalha incandescente, considerando um número infinito de estrelas. Dessa forma, conseguimos debater mais sobre a visão ingênua associada a uma imagem de cientistas que nunca erram, que são detentores de todo saber e da verdade absoluta.

Foi apresentado o efeito Doppler da luz. Como esperado, houve dificuldades de compreensão de alguns dos estudantes, talvez por não possuírem ainda um conhecimento formal

sobre ondas. Não identificamos isso como um problema dentro da Sequência, nem mesmo achamos que a mesma só deva ser desenvolvida diante de pré requisitos, como os de ondas. Acreditamos ser possível uma aprendizagem, mesmo que puramente conceitual, sobre as características principais de uma onda que contribuem para uma melhor compreensão da Sequência.

Percebemos pela fala dos(as) estudantes que eles acharam interessante a justificativa que o poeta Edgar Allan Poe apresenta para a escuridão noturna. Essa explicação serviu para combater a visão ingênua de uma ciência associada a um método científico rígido e imutável, assim como a imagem do próprio cientista, como uma pessoa que está sempre em um laboratório.

- Nossa, que massa! Nem foi um cientista que descobriu isso. Esse poeta tinha uma imaginação e tanto (E11).

No final do texto apresentamos algumas respostas para o enigma da escuridão, pretendíamos verificar a compreensão dos estudantes perante o que havíamos lido e discutido, por isso apresentam-se argumentos corretos e outros não. Ainda não foi discutido com detalhes, mas o fato da noite ser escura, pode ser uma evidência para o início do universo, foco que teríamos nas últimas atividades.

As possíveis respostas para o enigma da noite, assim como as que os estudantes apontam como verdadeiras, estão na tabela abaixo.

Quadro 13: Respostas para o enigma

| Respostas para o enigma | Nº de estudantes que aceitam essa resposta |
|---|---|
| a) Há muita poeira para se ver as estrelas distantes | 10 |
| b) O universo tem apenas um número finito de estrelas | 2 |
| c) A distribuição das estrelas não é uniforme | 7 |
| d) O universo está se expandido | 10 |
| e) O universo é jovem. A luz distante ainda não chegou até nós. | 15 |

Fonte: da autora (2018)

As respostas d) e e) respondem ao paradoxo. A e), era a mais evidente em nossos debates, e ficou claro para a maioria dos estudantes. A d) apesar de correta, deveria partir da interpretação do estudante, pois foi pouco debatida. Faltou colocar a proposta de Olbers e de Chéaseaux, sobre a radiação e o meio que a absorve, que havia sido discutida em sala e era uma resposta errada para o paradoxo. Ao longo da Sequência não abordamos muito sobre os itens a) e c), para isso sugerimos uma complementação que está presente em nossas Considerações Finais.

Análise da atividade 6- Após as atividades discutidas, o estudante já consegue identificar características de um modelo de universo que está em expansão?

Trata-se de um estudo dirigido que aborda tópicos relacionados a expansão do universo. Sua análise foi feita baseada nas questões que compõem um roteiro de atividades do estudante, que está presente em nosso produto educacional.

1) Na última aula, o texto termina com Mariana viajando por um universo em expansão, isso faz sentido para você? O universo teve um começo ou sempre existiu?

Verificamos que para 10, dos(as) 20 estudantes presentes nesta atividade, faz sentido falar em uma expansão do universo. 19 destes(as) estudantes acreditam que o universo teve um começo. Conseguimos verificar, comparando com as primeiras atividades, que agora há um número maior de estudantes que acreditam em um começo para o universo.

Muitas respostas da primeira pergunta foram relacionadas a opiniões ou baseadas em algum conhecimento prévio do assunto que o estudante já possuía.

- Não sei explicar direito, mas faz sentido, porque se a gente considera como o poeta imaginou, deve ter estrela que tá muito longe, cada vez mais longe da gente, por isso a luz ainda não chegou. Se ela não chegou, ela tem muito espaço para percorrer, mais muito mais (Adriana)

- Claro que teve um começo, e foi o Big Bang, já vi muita coisa sobre isso, não tem como tá errado (Vilma)

- Não acho que o espaço é limitado, nem o universo. Ele surgiu um dia e a partir desse dia, tudo foi criado. Então ele pode estar aumentando de tamanho, desde o seu início, até porque, o homem nunca conseguiu ir até o seu fim, para ver o que tem lá (Roza)

- Foi necessário um início para o universo, não sei qual, nem como, mas ele não ia surgir do nada. É estranho pensar nisso, tipo quem nasceu primeiro, o ovo ou a galinha? (José Alves)

Na questão 2, foi dividida do item a) ao e). No item a) e b) trabalhamos a definição de espectro e comprimento de onda com auxílio de figuras que estavam no texto²⁵ que antecedeu essa questão. Tais figuras permitiram identificar, qual radiação dentro do espectro eletromagnético possuía maior ou menor comprimento de onda. No item c) diferenciamos frequência e comprimento de onda. Os itens d) e e) já apresentaram uma relação mais direta com a lei de Hubble, tais itens tinham relação com um gráfico presente no texto, que apresentava uma relação entre a distância e a velocidade de algumas galáxias. O texto que antecede essa questão também trazia informações sobre o *redshift*. Em geral, este texto buscou proporcionar a construção de certos conceitos, que nos levariam ao modelo de expansão do universo. Alguns estudantes tiveram dificuldades em interpretar o gráfico de distância por velocidade, sendo necessária minha intervenção neste momento. Mas todos conseguiram perceber que havia uma proporcionalidade entre a velocidade das galáxias e suas distâncias, já que os pontos formam uma reta.

Na questão 3, trouxemos um análogo mecânico proposto por Soares (2014) para ajudar na compreensão da lei de Hubble. É uma analogia que utiliza elástico e laços que são feitos no próprio elástico, sendo útil para ilustrar a ideia de um universo em expansão.

Ainda sobre a lei de Hubble, conseguimos discutir sobre pesquisadores que foram importantes no processo de formação de dadas teorias e, no entanto, mal são reconhecidos. A exemplo disso temos a cientista e astrônoma estadunidense Henrietta Swan Leavitt (1868-1921), que desenvolveu um importante trabalho no cálculo de distância de estrelas variáveis²⁶. Seu método contribuiu no estudo de Hubble para calcular as distâncias das galáxias. Através deste resultado, novas evidências para um universo em expansão apareceram e Hubble é reconhecido mundialmente por isso.

A última questão: “Diante da discussão acima, você acha que ainda há dúvidas relacionadas a expansão do universo? Ou trata-se de uma teoria já bem consolidada dentro da cosmologia?” Foi tendenciosa, pois indiretamente quis verificar qual a veracidade que os

²⁵ Este pequeno texto faz parte do estudo dirigido desta atividade, que está em nosso produto educacional.

²⁶ Por definição, uma estrela variável é uma estrela cuja luminosidade varia em uma escala de tempo menor que 100 anos

estudantes ofereciam para o que é apresentado em mídias ou por professores, por exemplo. Todos(as) os(as) estudantes viram na expansão do universo, um modelo para justificar a estrutura do mesmo, não se questionaram na possibilidade de outros ou de ser um tópico ainda em aberto dentro da Física.

Não ficou explícito se a expansão do universo, associada a teoria do Big Bang já é uma teoria bem consolidada na cosmologia, até porque, não debatemos sobre outras teorias que também abordam sobre a expansão, como a teoria do estado estacionário.

Até este momento, 16 estudantes haviam compreendido que a expansão do universo, assim como o seu início em um dado instante no passado, podem construir uma solução para o Paradoxo de Olbers. Minha conclusão veio da análise dos roteiros e das transcrições dos áudios, como o transcrito abaixo, no diálogo entre o estudante Adilson e a professora:

- *Quando fala em expansão, isso significa que o universo não tem fim? (Adilson)*
- *Por que você acha isso? (P)*
- *Porque a expansão não é das coisas, tipo, os planetas e estrelas, se não a gente ia perceber essas coisas crescendo ao observamos. Elas não estão aumentando de tamanho, não tão ficando mais larga. Mas onde elas estão, que aumenta, acho que por isso falamos expansão. (Adilson)*
- *Supondo que essa expansão seja verdadeira, você consegue ver alguma relação entre ela e o enigma da escuridão noturno? (P)*
- *Acho que sim. Porque é como a luz das estrelas que ainda não chegou até nós, que estão muito longe. Pode ser um tipo de luz que não dá para ver também, porque no roteiro que você deu, tem uma imagem, com um tanto de tipo de luz, apenas uma parcela dela que vemos. (Adilson)*

Este estudante fez uma conclusão interessante ao dizer que a luz está dentro de uma faixa que conseguimos ver, percebeu que há vários tipos de radiações, inclusive as que não conseguimos visualizar sem o auxílio de certos equipamentos, que detectam radiações na faixa do infravermelho, por exemplo.

Análise da atividade 7- Como os estudantes aceitam informações e notícias relacionadas a ciência, que são apresentados na mídia e em outros recursos de fácil acesso, como internet e livros?

Ocorreu na sala de recursos da escola, haviam 19 estudantes neste dia. Os slides²⁷ auxiliaram para uma aula expositiva dialogada.

A atividade trouxe o debate sobre como a mídia ou outros meios podem distorcer informações, assim como enfatizou o processo de construção da ciência. Através dela tornou-se possível detalhar melhor conceitos físicos que estavam relacionados com a cosmologia e que são importantes para uma compreensão mais aprimorada sobre a teoria do universo em expansão.

A aula começou com a seguinte pergunta: o Big Bang está provado? Pedi que os estudantes argumentassem a favor ou contra a essa pergunta, deixando claro seu ponto de vista. As respostas foram sintetizadas na tabela abaixo:

Quadro 14: O big bang está provado?

| O big bang está provado? | Nº de estudantes |
|--------------------------|------------------|
| Sim | 14 |
| Não | 5 |

Fonte: da autora (2018)

Algumas justificativas:

Sim, porque é graças ao Big Bang que se criou o universo (Marly)

Sim, pois de acordo com alguns estudos, ainda existem provas de que ele existiu, como por exemplo, algumas partículas e choques (Marlene)

Não, é apenas a teoria mais aceita hoje em dia. (Vilma)

Não, porque todo tempo surge cientistas justificando a criação do universo (Primo)

Identificamos pela fala dos/as estudantes que a presença de uma aceitação na validade da ciência está presente em sete das catorze afirmativas que aceitam a teoria do Big Bang para explicar o surgimento do universo. Isso mostra o tanto que a credibilidade oferecida a teorias, sem o questionamento do porque elas são verdadeiras e como se constituíram ainda é presente. Dos/as cinco estudantes que não aceitaram a teoria, três deles deram justificativas sobre ser uma área do conhecimento que ainda se discute muito, os/as dois/duas estudantes já argumentaram

²⁷ Os slides utilizados nesta aula estão em nosso produto educacional

que respostas deste tipo o ser humano nunca conseguirá ter. Era esperado que com uma instrução não explícita sobre o conceito de provas na ciência, que os/as estudantes continuem com esta visão ingênua da ciência.

Diante da dificuldade em interpretar certos conceitos que apareceram na atividade 6, utilizei uma apresentação em slides com imagens para exemplificar o efeito doppler da luz, e gifs para ajudar na criação de um modelo de expansão do espaço.

Apresentei a radiação cósmica de fundo como uma evidência de vestígios do surgimento do universo através do Big Bang. Apesar de ser uma radiação que era prevista teoricamente e haviam cientistas que buscavam comprova-la experimentalmente através de um radiômetro, ela foi descoberta de forma acidental, pelos físicos estadunidenses Arno Allan Penzias e Robert Woodrow Wilson rendendo a eles uma laureação pelo Nobel de Física em 1978. Eles não tinha esse foco quando construíram o seu radiômetro, pois seus experimentos eram direcionados para a radioastronomia e comunicação via satélite. Este episódio aparentemente chamou muita atenção dos estudantes e através dele conseguimos discutir sobre uma visão de ciência que para ocorrer, está associada diretamente a um método científico.

Nos slides havia a seguinte pergunta: qual seria a analogia mais adequada sobre a expansão do universo: a do balão com pontos desenhados ou a da granada explodindo? Alguns limites em se considerar essas analogias cosmológicas estão presentes em Bagdonas (2011), que considera ser possível fazer uma analogia com explosão, desde que se deixe claro que não se trata de uma explosão no sentido usual da palavra. Diante das atividades desenvolvidas na sequência didática, acreditávamos que a analogia da granada seria mais escolhida, pois a expansão do universo já era algo que estava se tornou bastante discutido nas últimas atividades.

Quadro 14: Balão ou granada?

| Analogia | Nº de estudantes |
|-----------------|-------------------------|
| Balão | 11 |
| Granada | 8 |

Fonte: da autora (2018)

Percebi através das justificativas, que os estudantes que escolheram a granada, associaram diretamente com o Big Bang e conseqüentemente a uma explosão, e não a expansão em si. Os/As que escolheram o balão, associaram com a própria expansão do espaço, e não a um possível início de tudo.

Neste momento, os/as estudantes já conheciam evidências para o afastamento das galáxias e conseqüentemente a expansão do universo. Com a radiação cósmica de fundo, apresentava mais uma evidência do Big Bang como a teoria que explica o surgimento do universo. A ideia era verificar como os estudantes iriam reagir diante destas evidências, haveria outros questionamentos? Ou a aceitação seria geral? Tal ponto me permitiria investigar sobre como eles aceitam ou acreditam sobre o que lhes é passado, seja através da professora ou alguma mídia.

Para ajudar nessa análise, passei um trecho do primeiro episódio da série *Cosmos: Uma Odisséia do Espaço-Tempo*²⁸, que mostra o Big Bang como a única teoria existente para explicar o surgimento do universo. Partindo para a discussão sobre o mesmo. Antes de citar que haviam outras teorias que buscam explicar o surgimento do Cosmos, investiguei como o estudante recebeu tal informação. Ao repetir a pergunta: O Big Bang está provado? Todos responderam que sim.

- Nossa essa série é muito legal. Eu já vi. Se eles filmaram e passaram, só pode ser verdade. Não iam passar mentiras para a gente ne? (Cíntia)

Houve um debate sobre a veracidade do que vemos ou lemos, da importância de criarmos o hábito da visão crítica sobre o que nos é passado. Nesse sentido, conhecer o processo do conhecimento histórico das teorias ou leis, nos auxiliam em não criar estereótipos, reconhecendo que a ciência é feita por várias pessoas e que nada nasce ao acaso, que as contradições existem, mas que na maioria das vezes não nos é passado o que é mais aceito. Esse debate teve início nesta aula e foi finalizado na última atividade.

²⁸Cosmos: Uma Odisséia do Espaço-Tempo é uma série americana de documentário científico. É uma continuação da série de 1980, *Cosmos*, que foi apresentada por Carl Sagan. O apresentador da nova série é o físico Neil deGrasse Tyson.

Acessado em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Cosmos:_A_SpaceTime_Odyssey> Essa série está disponível no canal da Netflix:<<https://www.netflix.com/title/80004448>>

Para auxiliar a compreensão dos estudantes sobre a existência de outros modelos, solicitei uma pesquisa sobre os seguintes tópicos: universo estático; universo em expansão, a teoria do Big Bang; a teoria do estado estacionário. Entreguei o texto Big Bang Brasil²⁹ para uma leitura prévia em casa.

Apesar de ter sido uma aula mais expositiva, vi a necessidade da mesma para formalizar certos conceitos. Acredito que conseguiria construir os mesmos com os(as) estudantes através de uma aula não expositiva, no entanto, iria demandar de um tempo que já não dispunha de forma suficiente mais.

Análise da atividade 8- Como o(a) estudante explica a constituição do universo após a realização de todas as atividades? O estudante verifica o estudo da cosmologia útil para a sociedade?

Na atividade de fechamento, que ocorreu em duas aulas, houve a união de todas as discussões sobre a constituição do universo e conseqüentemente do enigma da escuridão noturna, finalizando deste modo, perguntas que estavam presentes ao longo da seqüência. Através de uma forma lúdica, o texto Big Bang Brasil apresentou personagens ao longo da história da cosmologia que se tornam contemporâneos e debatem entre si sobre as suas teorias.

Muitos/as dos/as estudantes não haviam pesquisado sobre a teoria do estado estacionário, o que gerou uma certa dificuldade em um dado momento. A ideia de mandá-los fazer uma pesquisa não funcionou muito bem, mas como a seqüência didática já estava muito grande, foi uma possibilidade que pensei que poderia ser eficaz. Acredito que teria sido mais eficaz se eu tivesse exposto sobre a teoria do estado estacionário, que também defende a ideia de um universo em expansão e estivesse centrado nas diferenças desta com a teoria do Big Bang.

Acreditamos que essa falha prejudicou um dos itens que gostaria de aprofundar com os estudantes: apesar da teoria do Big Bang ser a mais aceita na comunidade científica, ela não é a única. Por ser a mais aceita, indiretamente contribui na maneira como a mesma é exposta na mídia de uma forma geral, sendo tratada como uma verdade absoluta. Para abordar esse ponto,

²⁹ Adaptado a partir de NOGUEIRA, S. **Cetismo Ciência & Tecnologia**, 2007 publicado por André Disponível em: <<https://messageirosideral.blogfolha.uol.com.br/2014/02/03/a-saga-do-bbb-big-bang-brasil/>> Acesso em agosto de 2018. Ver também Bagdonas (2011), p.N.

relembrei os estudantes do episódio da série cosmos que havíamos assistido, que apresenta a teoria do Big Bang como se fosse algo inquestionável e já bem determinado na ciência. Porém não consegui entrar em detalhes na teoria do estado estacionário.

A discussão do enigma da escuridão noturna foi finalizada através do uso de um texto didático, intitulado Big Bang Brasil, escrito pelo divulgador de ciência Salvador Nogueira. Nele vários cientistas se tornam contemporâneos e debatem suas ideias em uma casa, onde estão confinados. O texto faz uma brincadeira ao comparar o local onde os cientistas estão com o reality show Big Brother, da mesma forma, induz que o cientista vencedor, será aquele que terá a sua teoria dita como a mais correta.

Lemos o texto em conjunto, com as devidas pausas, os slides serviam para ilustrar os cientistas e o que haviam desenvolvido. Ao longo da leitura e do debate, tivemos várias falas que ressaltam a percepção do estudante na consolidação na teoria do Big Bang. Todos reconheceram que foi um processo histórico cheio de acertos e erros, a exemplo disso temos os debates dos textos da Mariana na busca por respostas corretas ao paradoxo e também a presença de erros de outros cientistas que ainda não haviam sido citados por nós, como o de Einstein, ao introduzir a constante cosmológica com o objetivo de justificar o modelo de universo estático.

- Nossa, o Einstein errou? Pensei que ele só acertava. Todo mundo fala que ele é super inteligente! (Primo)

Além disso, novos argumentos contrários às visões de cientistas como gênios, que desenvolveram suas teorias sozinhos e ao acaso, assim como o próprio método científico ressurgiram, o que mostra possivelmente indícios de mudanças nas visões ingênuas que antes os estudantes possuíam:

- É interessante ver que entre eles (os cientistas) há diferenças. Mostra que eles aprendem com os outros e não nascem sabendo tudo. É igual uma sala de aula, quando não concordamos com algo debatemos. Aprendemos muitos nessas diferenças (Berenice).

- A tecnologia proporcionou um avanço na visão do universo. Vemos isso com a evolução do próprio telescópio. Mas mesmo com todos esses avanços, nunca existiu um único caminho, que devia ser seguido por todos. O legal é ver que descobertas acontecem sem você estar esperando por elas, como no caso do Penzias e Wilson (Vilma).

- Muitos fazem a ciência, mas nem todos os nomes são lembrados. Se você der a sorte de dar a cartada final, é como o jogador que faz o gol da vitória, é lembrado para sempre. Acho que estudar a história da ciência ajuda nisso (João)
- Hubble tem até telescópio com o nome dele, mas ele não fez nada sozinho, isso não aparece muito nas pesquisas né? (José Alves)

Para avaliar o que o/a estudante gostou mais ao longo da sequência e das propostas de atividades em si, pedi a produção de um texto, no qual o estudante deveria destacar: O que mais gostou ao longo da sequência? O que não gostou muito? Acha válido estudar tópicos de cosmologia na escola? Por quê?

Achei interessante o tanto que a minha visão do universo mudou. Na primeira atividade havia feito basicamente o nosso sistema planetário. Não pensava em um universo em expansão. No decorrer das atividades verificar a evolução das ideias da época e também as minhas foi muito bom. A gente tem a ideia de que a ciência é feita em laboratório e de forma mais tranquila, você tem uma hipótese, vai e testa, isso pode gerar ou não uma lei. Vimos que não é bem assim. A ciência não é fácil de fazer, o seu desenvolvimento e a sua história mostra isso. (Marlene)

Gostei de todas as atividades, algumas estavam mais difíceis. Achei legal a atividade sobre viagens espaciais, porque é um tema que aparece muito em filme e a gente fica achando que as coisas no espaço perto, e não é bem assim(...) Estudando o cosmo, eu percebi a infinidade do mesmo, e que tudo se encontra em perfeita harmonia. Além disso me mostrou também o quão pequeno somos diante de todo universo, podendo gerar assim até lições de vida. (Marly)
Eu gosto muito de ler, então as atividades do texto achei mais interessante, porque ai quando não entendi algo, eu voltava e relia, nos textos eu comeci a pensar em muitas coisas que nunca tinha pensando. Cosmologia abre nossas mentes, faz pensar mais, seria bom se estudássemos mais coisas assim. (Berenice)

Todos/as os/as estudantes apresentaram argumentos positivos ao estudo da cosmologia. Acreditamos que possa ter ocorrido alguns casos, mesmo que em minoria, em que a docente da turma, associada ao ser pesquisadora, tenha influenciado, no sentido que alguns possam ter escrito o que supõem que a professora gostaria de ler.

Quando comparamos as primeiras explicações para o universo e as atuais, verificamos mudanças nas mesmas, principalmente pensando em um universo que os/as estudantes identificam estar em expansão e conter infinitas galáxias.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escola não deve ser um local somente do dito conhecimento formal. Devemos estar atentos para o tipo de formação que planejamos e desenvolvemos junto aos estudantes. Essa é uma maneira de possibilitar a formação de cidadãos críticos, que sejam capazes de articular e responder aos desafios propostos diariamente no meio em que estão inseridos do local ao global. Acreditamos que essa criticidade pode ser trabalhada quando o estudante aprende a filtrar, diante do mar de informações que atualmente é popularizado pela mídia, o que é verídico ou não. Neste contexto, reconhecemos que as discussões que envolvem a História e Filosofia contribuem significativamente neste processo, pois por meio dela podemos abordar uma série de características importantes de serem desenvolvidas pelo estudante.

Inicialmente foi possível identificar uma grande crença ao método científico, os estudantes acreditavam que o “fazer ciência” necessariamente deveria estar relacionado a um método, que funcionaria como uma receita de bolo de como fazer ciência. Após a realização das atividades, verificamos uma descrença relacionada ao método e muitos estudantes já apresentavam indícios em acreditar que a ciência não é feita através de regras já pré-definidas. O experimento de Penzias e Wilson, que foi utilizado para justificar a radiação cósmica de fundo, sendo que o seu propósito inicialmente não era este, é um exemplo disso.

Através dos debates sobre modelos de universo, foi possível evidenciar que há sucessos e fracassos do homem ao buscar compreender a natureza. Podemos citar a mudança de teorias, do geocentrismo para o heliocentrismo e, posteriormente, por um modelo de universo em expansão.

Verificamos que para todos os estudantes, havia o conhecimento, mesmo que superficial, do geocentrismo e do heliocentrismo. Ao serem questionados pelos motivos que levaram a mudança de uma teoria para outra, nenhum estudante soube justificar o fato. O que pode estar relacionado diretamente com a credibilidade dada aos conteúdos ensinados em sala de aula e até mesmo o que é visto em documentários ou na internet, sendo sempre algo vinculado como verdadeiro. Já esperávamos resultados como este e temos consciência que eles são comuns. Acreditamos que conseguimos contribuir para que os estudantes passassem a ter uma postura mais crítica e reflexiva sobre as informações que chegam até eles. Mas ainda é possível verificar

também, que para alguns dos estudantes, acreditar sem questionar, é algo natural e que não foi mudado após a intervenção didática.

O Paradoxo de Olbers apresentou grande potencialidade ao longo da sequência, mantendo ativo o interessante da maior parte dos estudantes, além de evidenciar um processo no qual os erros e acertos de muitas pessoas estavam presentes. Tal ponto aproxima a Ciência dos/as estudantes, desviando os mesmos da visão distorcida de gênios que sempre acertam e de que a obtenção de um novo conhecimento sobre Ciências que só é capaz de existir, se o método científico for seguido com rigor, sendo que o mesmo ocorre de forma gradual.

Ao longo da Sequência também foi possível abordar sobre a visão distorcida de que a Ciência é feita em laboratórios. As teorias cosmológicas mostram isso, que nem tudo é testado em laboratórios, pois os cientistas utilizam diferentes métodos.

Discussões sobre pesquisadores que foram importantes no processo de formação de dadas teorias e, no entanto, mal são reconhecidos também estiveram presentes, proporcionando um olhar mais crítico para a ciência dos/as estudantes acerca de termos como: o descobridor ou a lei de algum cientista, que reforçam a ideia de uma ciência que é desenvolvida isolada, atemporal e ahistórica

Percebe-se que o debate sobre a teoria do Estado Estacionário, que é uma outra teoria que busca explicar o universo, poderia ter sido mais aprofundado. Ter solicitado uma pesquisa sobre a mesma não foi o ideal, e a ausência de um outro caminho, neste momento, limitou um pouco as discussões. Um trabalho na linha do que foi desenvolvido por Bagdonas (2011), apresenta de forma mais detalhada as controvérsias entre a teoria do Big Bang e a teoria do Estado Estacionário.

Foi possível identificar, que ao final da Sequência, os estudantes, aparentemente não apresentavam tantas visões ingênuas da ciência, o que ficou evidente nas falas e relatos dos mesmos. Não conseguimos descrever o quão profundo foi tal mudança, mas aparentemente verificamos que conseguiram identificar que é possível existir dúvidas, mesmo com teorias bem corroboradas, o que demonstra que há indícios que a visão que eles possuíam de uma ciência sendo construída e desenvolvida de forma linear, já não estava tão presente como antes.

Acreditamos que a Sequência Didática provocou mudanças e impactos sobre a visão de universo dos estudantes, pois estes apontaram, nos instrumentos analisados, que havia adquirido uma percepção maior das escalas de tamanho envolvidas na Cosmologia, e que os vídeos e debates, neste momento, os apoiaram na constituição desta nova visão, influenciando os “seus próprios universos”.

Todos/as os/as estudantes que fizeram o texto proposto na última atividade, evidenciaram a importância em se estudar cosmologia. Utilizaram argumentos que justificam a necessidade em ensinar sobre “coisas legais” e que eles têm curiosidade na escola. Disseram que foi divertida a Sequência e que poderíamos ter mais aulas assim, diferentes, que deem espaço para o debate como forma de construção do conhecimento.

Alguns estudantes disseram que passaram a ler notícias, reportagens e assistir documentários, com um olhar mais crítico, o que demonstra um reflexo positivo sobre o desenvolvimento das atividades. O envolvimento dos estudantes neste processo nos deixou satisfeitos e acreditamos que foram ricas as contribuições que as atividades, centradas na história da cosmologia, proporcionaram. Isso mostra que conhecer sobre a HFC pode ser um dos caminhos para possibilitar o desenvolvimento do estudante mais crítico e reflexivo.

Para a pesquisadora foi muito gratificante a realização deste trabalho. Serviu para despertar ainda mais o interesse e curiosidade sobre a cosmologia, temática que ela nunca havia estudado.

Ainda não foi desenvolvida a sequência na íntegra com outras turmas, porém, já foi possível desenvolver algumas das atividades separadas, como por exemplo a atividade 1 para introduzir as aulas de Física de turmas do primeiro ano do ensino médio e as atividades 6 e 7, para discutir com estudantes da segunda série do ensino médio sobre o Efeito Doppler da Luz e a expansão do universo.

Como verificado ao longo da pesquisa, quando o/a estudante está ativo em todo o processo de ensino e aprendizagem, ele/a sente-se mais envolvido/a e instigado/a a participar. Acreditamos que o desafio de todo docente hoje seja este, mediar o conhecimento de uma

maneira que faça sentido e provoque o/a estudante para que o mesmo consiga fazer uma leitura científica do mundo que o cerca, sentindo-se instigando/a em sempre querer aprender mais.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, E. Teoria quântica da gravitação: Cordas e teoria M. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 147 – 155, 2005.

AGUIAR, R. R. **Tópicos de Astrofísica e Cosmologia: uma aplicação de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo

AGUIAR, R.R.; HOSOUME, Y. Tópicos de astronomia, astrofísica e cosmologia na 1ª série do ensino médio como parte integrante de um projeto curricular diferenciado de Física. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia-RELEA**, n. 25, p. 51-70, 2018.

ARAÚJO, L.B; NIEMEYER, J; MUENCHEN, C. Uma análise dos trabalhos presentes nos encontros de pesquisa em ensino de Física (EPEF): problematizações ou perguntas? Universidade Federal de Santa Maria. **IX Congresso internacional sobre investigación em didáctica de las ciencias**.p.189, 2013.

ARTHURY, L. H. M. **A cosmologia moderna à luz dos elementos da epistemologia de Lakatos**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Curso de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, UFSC, Florianópolis

ARTHURY, L. H. M.; PEDUZZI, L. O. Q. A cosmologia moderna à luz dos elementos da epistemologia de Lakatos: Recepção de um texto para graduandos em física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, 2405, 2013.

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-RELEA**, n. 20, p. 59-90, 2015.

BAGDONAS, A. **Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia**. Tese de Mestrado. Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, São Paulo, 2011.

BAGDONAS, A. **Controvérsias envolvendo a natureza da ciência em sequências didáticas sobre cosmologia**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, São Paulo, 2015.

BAGDONAS, A; ZANETIC, J; GURGEL, I. O maior erro de Einstein? Debatendo o papel dos erros na ciência através de um jogo didático sobre cosmologia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 97-117, abr. 2018.

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**, vol. 39, nº 2, e2602, 2017.

BAGDONAS, A; ZANETIC, J; GURGEL, I. Controvérsias sobre a natureza da ciência como enfoque curricular para o ensino da física: o ensino de história da cosmologia por meio de um jogo didático. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 242-260, jul | dez 2014.

BAZETTO, M. C. Q.; BRETONES, P. S. A Cosmologia em Teses e Dissertações sobre Ensino de Astronomia no Brasil. Trabalho apresentado ao **I Simpósio Nacional de Educação em Astronomia**, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em http://snea2011.vitis.uspnet.usp.br/sites/default/files/SNEA2011_TCP30.pdf. Acessado em 05/09/2016.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. Investigação qualitativa em Educação: fundamentos, métodos e técnicas. In: **Investigação qualitativa em educação**. Portugal: Porto Editora, 1994, p. 1580.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação. **PCN+Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**– Brasília, 2002.

CARVALHO, T.F.G.; **Da divulgação ao ensino: um olhar para o céu**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, São Paulo, 2016.

COMITTI, V.S. Princípio antrópico cosmológico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, 1504, 2011.

CUZINATTO, R. R., MORAIS, E. M. de. Software MUFCosm como ferramenta de estudo dos modelos da cosmologia padrão. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, 1312, 2014.

DELIZOICOV, Demétrio. Problemas e problematizações. In: **Maurício Pietrocola. Ensino de Física: Conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2001. cap. 8, p. 171196.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez Editora, 2002. 368 p.

DINIZ, J. F. D.; HOLANDA, P. C. de. Anisotropias da radiação cósmica de fundo como um observável cosmológico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 4, 4312, 2014.

ELIAS, D. C. N.; AMARAL, L. H.; ARAÚJO, M. S. T. de. Criação de um espaço de aprendizagem significativa no planetário do parque Ibirapuera. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Vol. 7 nº1, 2007.

FABRIS, J. C.; VELTEN, H. E. S. Cosmologia newtoniana: um passo intermediário em direção à relatividade geral. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, 4302, 2012.

FRÓES, A. L. D.. Astronomia, astrofísica e cosmologia para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, 3302, 2013.

FORATO, T.C.M. **A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz**. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências. São Paulo. 2009.

HARRISON, E. **A escuridão da noite, um enigma do universo**. Tradução: Maria Luiza X. de A. Borges; revisão técnica, Roberto Martins Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed.1995.

JÚNIOR, R.S.M; OLIVEIRA, N.O.L; PEREIRA, C.L.; Simulando medida de distâncias a estrelas em laboratório. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA**, n. 24, p. 7-21, 2017.

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma Imagem Não-deformada do Trabalho Científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p.125-153, 2001.

GOLDFARB, A. M. A. Ciência e Sociedade no século XVII europeu: a formação da cosmologia moderna. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, 6 (Número Especial): 4955. jun. 1989.

LEAL, K. P. **História da ciência, religião e interculturalidade no ensino de física. Por que não?** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, São Paulo, 2017.

LEDERMAN, N.G. Student`s and teacher`s conceptions of the nature of science: a review of the research. **Journal of the research in Science Teaching**, v.29, n.4, p.331-359, 1992.

MARTINS, R. A. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (Org.) **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. cap.1. p.17-30.

MARTINS, A. F. P. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 703-737, 2015.

MENEZES, L. C. de. De corpo inteiro e viva a Física. **Física na Escola**, v. 6, n. 1, p. 2730, 2005.

MUECHEN, C.; DELIZOICOV, D. A construção de um processo didático pedagógico dialógico: aspectos epistemológicos. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.14, n. 03, p. 199215, set dez | 2012.

MUECHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto da construção do livro Física. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014.

MOURA, B. A. **A aceitação da óptica newtoniana no século XVIII: subsídios para discutir a natureza da ciência no ensino**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação – Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, 2008

MATTHEWS, M. R. **Science teaching: the role of history and philosophy of science**. New York: Routledge, 1994. 287 p.

NEVES, M. C. D. A história da ciência no ensino de Física. **Revista Ciência & Educação**, v.5, n.1, p.73–81,1998.

NEVES, M. C. D. A questão controversa da cosmologia moderna: Hubble e o infinito parte 1. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Maringá-PR, v.17, n.2 p.189204, ago.2000a.

NEVES, M. C. D. A questão controversa da cosmologia moderna: Hubble e o infinito parte 2. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Maringá-PR, v.17, n.2 p.205228, ago.2000b.

PAGLIARINI, C. R. **Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros didáticos de física para o ensino médio**. 2007. Dissertação (Mestrado em Física Básica) - Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

PENEREIRO, J. C. Galileo e a defesa da cosmologia copernicana: a sua visão do Universo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Campinas,v. 26, n. 1: p. 173198, abr. 2009.

PEREIRA, H. A. de B. Esferas de Aristóteles, círculos de Ptolomeu e instrumentalismo de Duhem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, 2602, 2011.

PEREIRA, R.A. **A Física da música no Renascimento: uma abordagem histórico-epistemológica**. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências. São Paulo. 2009.

PORTO, C. M.; PORTO, M.B.D.S.M. A evolução do pensamento cosmológico e o nascimento da ciência moderna. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 4, 4601, 2008.

PORTO, C.M. A física de Aristóteles: uma construção ingênua? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 4, 4601, 2009.

ROSENFELD, R. A cosmologia. **Física na Escola**, v. 6, n. 1, p.3137, 2005

ROZENTALSKI, E.F.; **Indo além da Natureza da Ciência: o filosofar sobre a Química por meio da ética química**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, São Paulo, 2018.

SANTOS, R. F. **Noções de astrofísica e de cosmologia moderna nas aulas de física do ensino médio: uma sequência didática a partir do Paradoxo de Olbers**. 2014. 105 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SEABRA, M.E.F; BAGDONAS, A.; MACIEL, A. M. M. A cosmologia em artigos nas principais revistas de ensino de física do Brasil. In: **XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2017, São Carlos. Atas do XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2017.

SKOLIMOSKI, K. **Cosmologia na teoria e na prática: possibilidades e limitações no ensino**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SOARES, D. UGE, Universo da Gominha Esticada. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 4, 4301, 2014.

SOARES, D. O universo estático de Einstein. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, 1302, 2012.

SOARES, D. Os fundamentos físico matemáticos da cosmologia relativista. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, 3302, 2013.

SODRÉ JR, L. O lado escuro do universo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. Especial: p. 743769, nov. 2010.

VITAL, A.; GUERRA, A. A natureza da ciência no ensino de Física: estratégias didáticas elaboradas por professores egressos do mestrado profissional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 225-257, ago. 2014.

VIGLIONI, A.; SOARES, D. Observações sobre as soluções clássicas da equação de Friedmann. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 4, 4702, 2011.

VILLANI, A.; PACCA, J.L.A. Como avaliar um projeto de pesquisa em educação em ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**, v.6, n.1, p. 728, 2001

WAGA, I. Cem anos de descobertas em cosmologia e novos desafios para o Século XXI. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 157 – 173, 2005.

WUENSCHÉ, C. A.; VILLELA, T.; TELLO, C.; FERREIRA, I. S. Arqueologia cósmica com a radiação cósmica de fundo de microondas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. Especial: p. 647671, dez. 2010.

ZANETIC, J. **Física também é cultura**. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1989.